

**PENGARUH METODE ELEKTROLISIS TERHADAP  
PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN  
HIDROPONIK KANGKUNG**

(Sebagai Sub Materi Pokok Pada Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan SMA  
Kelas XII Semester Ganjil)

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi Syarat-syarat  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd)  
dalam Ilmu Biologi

Oleh  
**APRIYANI EKA PUTRI**  
NPM : 1311060131

**Jurusan : Pendidikan Biologi**



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
RADEN INTAN LAMPUNG  
1438 H /2017 M**

**PENGARUH METODE ELEKTROLISIS TERHADAP  
PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN  
HIDROPONIK KANGKUNG**

(Sebagai Sub Materi Pokok Pada Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan SMA  
Kelas XII Semester Ganjil)

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi Syarat-syarat  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd)  
dalam Ilmu Biologi

**Oleh:**

**APRIYANI EKA PUTRI**

**NPM:1311060131**

**Jurusan : Pendidikan Biologi**

Pembimbing I : Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd

Pembimbing II: Iip Sugiharta, M.Si

**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI**

**RADEN INTAN LAMPUNG**

**1438 H / 2017 M**

## ABSTRAK

### PENGARUH METODE ELEKTROLISIS TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN HIDROPONIK KANGKUNG

(Sebagai Sub Materi Pokok Pada Pertumbuhan dan Perkembangan SMA Kelas XII Semester Ganjil)

Hidroponik merupakan metode budidaya tanaman tanpa menggunakan tanah. Salah satu tanaman yang dapat dibudidayakan secara hidroponik yaitu tanaman kangkung (*Ipomea reptans* Poir) yang dapat ditingkatkan pertumbuhannya menggunakan metode elektrolisis. Elektrolisis menggunakan anoda besi menghasilkan ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang sudah siap diserap oleh tumbuhan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh tegangan pada elektrolisis terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman hidroponik kangkung. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi guru dan peserta didik dalam proses belajar mengajar, khususnya pada materi pertumbuhan dan perkembangan SMA kelas XII. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen.

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Way Dadi Kecamatan Sukarama Kabupaten Bandar Lampung. Penelitian ini disusun menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan perlakuan yang digunakan adalah penambahan metode elektrolisis (3 volt, 4,5 volt dan 6 volt) dan tanpa menggunakan elektrolisis pada media tanam hidroponik terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kangkung. Analisis data menggunakan Uji Anova dan parameter yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah daun, lingkaran batang, warna daun, berat basah tanaman dan berat kering tanaman.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan metode elektrolisis memiliki pengaruh dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman hidroponik kangkung. Elektrolisis menggunakan tegangan 6 volt optimum dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman hidroponik kangkung dengan nilai tinggi tanaman (38,1 cm), lingkaran batang (2,91 cm), banyak daun (26,4 helai), warna daun (7,9), berat basah tanaman (37,517 g), dan berat kering tanaman (1,881 g).

**Kata kunci :** hidroponik, elektrolisis, besi, kangkung



**KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG  
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

Alamat : Jl. Letkol. H. Endro Suratmin Sukarame Bandar Lampung Telp. (0721) 703260

**PERSETUJUAN**

Judul : PENGARUH METODE ELEKTROLISIS TERHADAP  
PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN  
HIDROPPONIK KANGKUNG  
Nama : Apriyani Eka Putri  
NPM : 1311060131  
Jurusan : Pendidikan Biologi  
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

**MENYETUJUI**

Untuk dimunaqasyahkan dan dipertahankan dalam Sidang Munaqasyah Fakultas  
Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung

Pembimbing I

**Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd**  
**NIP. 19840228 2006 04 1 004**

Pembimbing II

**Iip Sagiharta, M.Si**  
**NIP. -**

Menyetujui

Ketua Jurusan Pendidikan Biologi,

**Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd**  
**NIP. 19840228 2006 04 1 004**





**KEMENTERIAN AGAMA**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG**  
**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

*Alamat: Jl. Let. Kol. H. Endro suratmin, Sukarame I, Bandar Lampung 35131 Telp.(0721) 703260*

**PENGESAHAN**

Skripsi dengan judul **“PENGARUH METODE ELEKTROLISIS TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN HIDROPONIK KANGKUNG”** disusun oleh: **APRIYANI EKA PUTRI,NPM. 1311060131**, Jurusan: **Pendidikan Biologi**, telah diujikan dalam siding Munaqosyah Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, pada: Hari/Tanggal: **Kamis, 09 November 2017.**

**TIM MUNAQOSYAH**

Ketua	: <b>Dr. Imam Syafei, M.Ag</b>	(.....  )
Sekretaris	: <b>Fatimatuzzahra, M.Sc</b>	(.....  )
Pembahas Utama	: <b>Dwijowati Asih Saputri, M.Si</b>	(.....  )
Pembahas Pendamping I	: <b>Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd</b>	(.....  )
Pembahas Pendamping II	: <b>Iip Sugiharta, M.Si</b>	(.....  )

Dekan  
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan,



**Dr. H. Chairul Anwar, M.Pd**  
**NIP. 195608101987031001**

## MOTTO

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٦﴾ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٧﴾

Karena Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. (QS. Alam Nasyrat ayat 6-7)

لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ  
بِالْقِسْطِ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنْفَعٌ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَنْ يَنْصُرُهُ  
وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ ﴿٢٥﴾

Sesungguhnya kami Telah mengutus rasul-rasul kami dengan membawa bukti-bukti yang nyata dan Telah kami turunkan bersama mereka Al Kitab dan neraca (keadilan) supaya manusia dapat melaksanakan keadilan. dan kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia, (supaya mereka mempergunakan besi itu) dan supaya Allah mengetahui siapa yang menolong (agama)Nya dan rasul-rasul-Nya padahal Allah tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Maha Kuat lagi Maha Perkasa. ( QS. Al-Hadid (57):25 )



## **PERSEMBAHAN**

Dengan Mengharapkan ridho Allah SWT dibawah naungan rahmat dan hidayah-Nya serta dengan curahan cinta, skripsi ini kupersembahkan untuk orang-orang yang memberikan arti penting dalam hidupku.

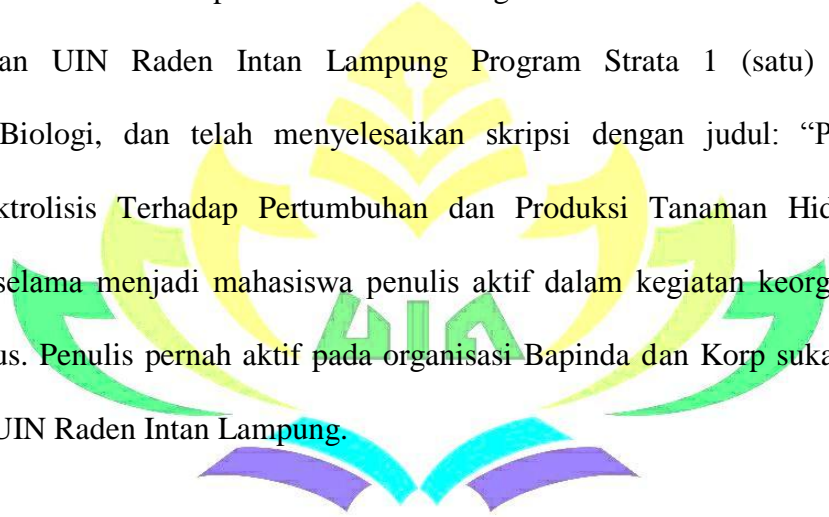
1. Ayahanda Kosim dan Ibunda Sumirah yang tercinta yang telah membesarkan dan mendidikku dengan penuh kasih sayang dan kesabaran, yang mengajarkanku arti kehidupan dalam naungan ridho Allah dan yang tidak henti-hentinya selalu mendoakan akan keberhasilanku, mudah-mudahan Allah SWT memuliakan keduanya baik di dunia maupun di akhirat kelak.
2. Adikku tersayang Tri Sefti Ramadhani yang telah mendukungku dengan penuh keceriaan dan kasih sayang, yang telah menantikan keberhasilanku. Terima kasih sudah menjadi bagian utama dari semangatku.
3. Almamater tercinta Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Intan Lampung yang telah mendewasakanku dalam berfikir dan bertindak.



## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis bernama Apriyani Eka Putri dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 14 April 1995, anak pertama dari 3 bersaudara dari pasangan ayah bernama Kosim dan Ibu bernama Sumirah. Penulis mengawali pendidikan pada Sekolah Dasar Negeri di SD N 2 Brabasan, Kecamatan Tanjung Raya, Kabupaten Mesuji, lulus pada tahun 2007. Kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama di SMP N 1 Tanjung Raya, Kec Tanjung Raya, Kabupaten Mesuji, lulus pada tahun 2010. Kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas di SMA N 1 Tanjung Raya Kecamatan Tanjung Raya, Kabupaten Mesuji, lulus pada tahun 2013.

Kemudian pada tahun 2013 penulis diterima sebagai mahasiswa Fakultas Tarbiyan dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung Program Strata 1 (satu) Jurusan Pendidikan Biologi, dan telah menyelesaikan skripsi dengan judul: “Pengaruh Metode Elektrolisis Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Hidroponik Kangkung” selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam kegiatan keorganisaian ekstra kampus. Penulis pernah aktif pada organisasi Bapinda dan Korp sukarelawan (KSR) Unit UIN Raden Intan Lampung.





## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim*

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan hidayah, ilmu pengetahuan, kekuatan dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam semoga senantiasa tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta para sahabat, keluarga, dan pengikutnya yang setia dan taat pada ajaran agama Allah.

Skripsi ini disusun untuk melengkapi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana pada program Strata satu (S1) Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Intan Lampung. Judul yang diajukan adalah “Pengaruh Metode Elektrolisis Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Hidroponik Kangkung”. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dan kekeliruan, ini semata-mata karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang penulis miliki.

Dalam proses penyelesaian skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan, bimbingan, serta saran dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menghaturkan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Dr. H. Chairul Anwar, M.Pd selaku Dekan Fakultas Tarbiyah UIN Raden Intan Lampung.
2. Dr. Bambang Sri Anggoro selaku ketua jurusan Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung, ibu Dwijowati Asih, M.Si selaku Sekertaris Jurusan Pendidikan Biologi dan segenap bapak ibu dosen pendidikan biologi yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis.
3. Dr. Bambang Sri Anggoro selaku pembimbing 1 dan Iip Sugiharta selaku pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan dan arahan serta motivasi kepada penulis.
4. Bapak dan Ibu dosen Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung, yang telah memberikan penulis dengan berbagai macam disiplin ilmu pengetahuan yang sangat membantu terselesainya skripsi ini.
5. Bapak Syamsurrizal Mukhtar dan Bapak Indra Kurniawan, sebagai petani HortiPark Sukarame Bandar Lampung yang telah membantu kelancaran penulis dalam penelitian.
6. Rekan-rekan mahasiswa angkatan 2013 khususnya kelas C, sahabat-sahabatku (Dewi, Neneng, Eta, Riska, Intan, Huki, Lilik), teman kosanku (Ria dan Tya) terima kasih atas support, dukungan, dan doanya serta kebersamaannya.
7. Teman spesialku Sutarman yang telah memberikan dukungan doa dan motivasinya.

Semoga bantuan yang tulus dari berbagai pihak, mendapatkan imbalan dari Allah SWT. Dengan mengucapkan Alhamdulillahirabbil'Alamin, penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

*Amin Yarobbal'Alamin.*

Bandar Lampung,     Oktober 2017

Penulis

**Aprivani Eka Putri**  
**NPM. 1311060131**



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>v</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiv</b>

### **BAB I PENDAHULUAN**

A. Latar Belakang .....	1
B. Pembatasan Masalah.....	6
C. Rumusan Masalah .....	6
D. Tujuan Penelitian .....	6
E. Manfaat Penelitian .....	7

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

A. Hidroponik .....	8
B. Deskripsi Tanaman Kangkung.....	15
C. Morfologi Kangkung.....	17
D. Kandungan Nutrisi Kangkung.....	19
E. Manfaat Tanaman Kangkung.....	20
F. Pertumbuhan Tanaman.....	20
G. Unsur Hara Esensial Tanaman .....	23
H. Penyerapan Zat Besi oleh Tumbuhan .....	32
I. Elektrolisis.....	34
J. Kerangka Berfikir.....	37



### **BAB III METODE DAN TEHNIK PENELITIAN**

A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	40
B. Jenis Penelitian.....	40
C. Alat dan Bahan.....	40
D. Cara Kerja .....	41
E. Variabel Pengamatan.....	46
F. Tabulasi Data .....	47
G. Analisis Data .....	47

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Kondisi Umum .....	49
B. Tinggi Tanaman .....	51
C. Lingkar Batang.....	55
D. Jumlah Helai Daun.....	59
E. Warna Daun .....	61
F. Berat Basah Tanaman .....	67
G. Berat Kering Tanaman .....	69
H. Implementasi Dalam Pembelajaran.....	72

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

A. Kesimpulan .....	74
B. Saran .....	74

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

2.1	Nutrisi Dalam Kangkung .....	19
2.2	Unsur hara esensial untuk tumbuhan tingkat tinggi dan konsentrasi internal yang dianggap berkecukupan .....	24
2.3	Penggolongan Unsur Hara Tanaman .....	25
2.4	Kandungan Unsur Hara Pupuk Organik .....	30
2.5	Beragam Merek dan Kandungan Unsur Hara Pupuk Akar yang Beredar di Pasaran.....	31
2.6	Kandungan Hara Beberapa Merek Pupuk Daun .....	32



## DAFTAR GAMBAR

2.1	Rakit Apung.....	12
2.2	Sistem Sumbu.....	12
2.3	Sistem Drip.....	13
2.4	Sistem Aeroponik.....	14
2.5	Sistem NFT( <i>Nutrient Film Technique</i> ).....	14
2.6	Kangkung.....	17
2.7	Bunga kangkung (a), buah kangkung (b).....	19
2.8	Defisiensi Unsur Hara Tanamn.....	33
3.1	Rancangan Instalasi Hidroponik Elektrolisis.....	41
3.2	Benih kangkung dan media rockwool.....	42
3.3	Penyemaian Benih Kangkung.....	19
3.4	Pemberian Nutrisi.....	19
4.1	Penyemaian umur 8 hari.....	47
4.2	Rangkaian perlakuan elektrolisis.....	48
4.3	Sampel tanaman kangkung berjumlah 40 tanaman.....	49
4.4	Pengukuran tinggi kangkung.....	50
4.5	Tinggi Tanaman Kangkung.....	50
4.6	Grafik tinggi tanaman kangkung.....	51
4.7	Pengukuran Lingkar Batang.....	54
4.8	Grafik Lingkar Batang.....	56
4.9	Grafik banyak daun.....	59
4.10	Pengukuran warna daun.....	61
4.11	Grafik perubahan warna daun.....	62
4.12	Mengukur jumlah klorofil daun.....	64
4.13	Grafik warna daun.....	66
4.14	Penimbangan berat basah.....	67
4.15	Grafik Berat Basah Tanaman.....	68
4.16	Pengovenan dan penimbangan berat kering.....	70
4.17	Diagram berat kering tanaman.....	71

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1. Tabulasi Data
- Lampiran 2. Perhitungan Uji ANOVA
- Lampiran 3. Dokumentasi Hasil Penelitian
- Lampiran 4. Pernyataan Bebas Plagiarism
- Lampiran 5. Surat Izin Penelitian





## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang Masalah

Mayoritas penduduk Indonesia bermatapencaharian sebagai petani. Pertambahan penduduk semakin meningkat dan juga diiringi dengan meningkatnya kebutuhan pangan termasuk kebutuhan sayuran, sehingga para petani sedikit terkendala dengan masalah lahan yang terbatas. Terkait juga dengan produksi pertanian, saat ini tidak mudah untuk mendapatkan lahan yang subur, produktif dan strategis dalam area luas. Hidroponik menjadi pilihan bagi para petani maupun non petani yang memiliki lahan terbatas. Hidroponik itu sendiri merupakan metode bercocok tanam atau budidaya tanaman tanpa menggunakan tanah.<sup>1</sup> Hidroponik memiliki keunggulan dibandingkan dengan penanaman secara konvensional. Beberapa kelebihan hidroponik diantaranya tidak perlu melakukan pengolahan tanah, kebersihan dapat terjaga, tidak bergantung pada musim, serta mampu mendayagunakan air dan nutrisi, hal ini terutama untuk tanaman berumur pendek.<sup>2</sup>

Sistem hidroponik yang dikembangkan adalah sistem NFT (*Nutrient Film Technique*). Hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*) ini dijalankan dengan cara

---

<sup>1</sup>Romana Akasiska, "Pengaruh Konsentrasi Nutrisi Dan Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Sawi Pakcoy (*Brassica Parachinensis*) Sistem Hidroponik Vertikultur," *Jurnal Inovasi Pertanian*, 13.2 (2014), 46–61.

<sup>2</sup> Hidayati Mas'ud, "Sistem hidroponik dengan nutrisi dan media tanam berbeda terhadap pertumbuhan dan hasil selada," *Media Litbang Sulteng*, 2.2 (2009), 131–36.

mengalirkan nutrisi secara aliran tipis ke dalam talang-talang air yang bersirkulasi selama 24 jam terus menerus. Kelebihan dari NFT itu sendiri nutrisi yang diberikan akan terus mengalir sehingga kadar oksigen dalam nutrisi stabil dan nutrisi diserap oleh akar-akar tanaman dengan sempurna.<sup>3</sup>

Banyak sayuran yang ditanam dengan sistem hidroponik NFT, salah satunya yaitu sayuran kangkung.<sup>4</sup> Kandungan gizi yang terkandung dalam kangkung cukup lengkap, diantaranya yaitu protein, serat, karbohidrat, kalsium, fosfor, karoten dan zat besi.<sup>5</sup> Kangkung dinyatakan memiliki potensi ekonomi sebagai alternatif sumber suplemen makanan karena sayuran kangkung memiliki kadar klorofil tertinggi diantara jenis sayuran air lainnya.<sup>6</sup> Kangkung termasuk kedalam anggota famili *Convolvulaceae* yang dapat digolongkan sebagai tanaman sayur. Berdasarkan tempat hidupnya kangkung terdiri dari kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk), dan kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir).<sup>7</sup> Pertumbuhan kangkung dapat dipengaruhi oleh faktor eksternal dan internal. Faktor eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan kangkung salah satunya yaitu kandungan unsur hara dalam tanaman kangkung tersebut. Unsur hara makro harus terpenuhi oleh tumbuhan dan juga unsur hara mikropun menjadi hal yang perlu diperhatikan kebutuhannya oleh tanaman. Salah

---

<sup>3</sup> Zekky Bachri, *Kangkung Hidroponik* (Jakarta: Penebar Swadaya, 2017).h.2

<sup>4</sup> Mamta D Sardare dan Shraddha V Admane, "A Review On Plant Without Soil - Hydroponis," 2.3 (2013), 299–304.

<sup>5</sup> Anna Laksanawati dan H.Dibiyantoro, *Rampai - Rampai Kangkung*, 1996. h.4

<sup>6</sup> Dwi Iriyani dan Pangesti Nugrahani, "Kandungan Klorofil, Karotenoid, Dan Vitamin C Beberapa Jenis Sayuran Daun Pada Pertanian Periurban Di Kota Surabaya," *Jurnal Matematika, Sains, dan Teknologi*, 15.2 (2014), 84–90.

<sup>7</sup> Syafri Edi dan Julistia Bobihoe, *Budidaya Tanaman Sayuran*, (Jambi: Balai Pengkaji Teknologi Pertanian, 2010), h.8

satu mineral mikro yang penting bagi tumbuhan adalah zat besi. Unsur hara besi berfungsi dalam membantu berjalannya proses fotosintesis yang erat hubungannya dengan kandungan klorofil.<sup>8</sup>

Dalam Al-Qur'an surat al-Hadid ayat 25 Allah berfirman:

لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ  
الْأَنَاسُ بِالْقِسْطِ ۚ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنْفَعٌ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ  
اللَّهُ مَنْ يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ ۚ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ ﴿٢٥﴾

Artinya:

*“Sesungguhnya Kami telah mengutus Rasul-rasul Kami dengan membawa bukti-bukti yang nyata dan telah Kami turunkan bersama mereka Al kitab dan neraca (keadilan) supaya manusia dapat melaksanakan keadilan. dan Kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia, (supaya mereka mempergunakan besi itu) dan supaya Allah mengetahui siapa yang menolong (agama)Nya dan rasul-rasul-Nya Padahal Allah tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Maha kuat lagi Maha Perkasa” . ( QS. Al-Hadid (57):25 )*

Berdasarkan kandungan ayat tersebut, Allah SWT telah menciptakan besi yang melambangkan kebesaran Allah. Besi mengandung begitu banyak manfaat bagi manusia. Salah satu kegunaan besi untuk makhluk hidup yaitu komponen besi berperan dalam membantu proses pembentukan klorofil. Klorofil merupakan zat penghijau tumbuhan yang terpenting dalam fotosintesis, kemudian digunakan oleh tumbuhan untuk bernapas dan menghasilkan protoplasma (zat hidup dalam sel)

---

<sup>8</sup> Novi Dianawati, “Penentuan Kadar Besi Selama Fase Pematangan Padi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis,” *Jurnal SAINSDAN SENI ITS*, 4.2 (2015), 35–38.,h. 35–38.

sehingga dengan lancarnya proses fotosintesis akan mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman.

Besi diambil tanaman dalam bentuk ion ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ) atau ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Besi didalam tanah diserap oleh tanaman dalam bentuk  $\text{Fe}(\text{OH})^{2+}$  dan Fe-khelat. Peran utama besi yaitu mensintesis klorofil dan enzim-enzim yang berfungsi dalam sistem transfer elektron.<sup>9</sup> Kekurangan Fe menyebabkan terhambatnya pembentukan klorofil sehingga dapat menurunkan kadar pigmen dan protein. Gejala kekurangan Fe terlihat pada ujung daun yang masih muda, kemudian berkembang pada lembaran tulang daun dan akhirnya seluruh daun menjadi berwarna kekuning-kuningan bahkan dapat menyebabkan kematian jaringan (klorosis).<sup>10</sup> Amalia (2010), penambahan unsur Fe yang sesuai dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dari tinggi tanaman, banyak daun, dan warna daun.<sup>11</sup> Ketersediaan  $\text{Fe}^{3+}$  maupun  $\text{Fe}^{2+}$  didalam tanah kurang karena dipengaruhi oleh reaksi tanah, interaksi dengan unsur lain, serta aktifitas mikroorganisme di dalam tanah. Besi diambil tanaman pada dasarnya dalam bentuk  $\text{Fe}^{2+}$  dari alam, namun besi di alam tersedia dalam bentuk  $\text{Fe}^{3+}$ .<sup>12</sup> Oleh karena itu ion  $\text{Fe}^{3+}$  harus mengalami proses reduksi menjadi  $\text{Fe}^{2+}$  agar dapat diserap oleh tanaman.

---

<sup>9</sup> Kemas Ali Hanafiah, *Dasar-dasar Ilmu Tanah* (Jakarta: Rajawali Pers, 2009).

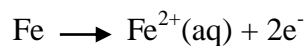
<sup>10</sup> Afandie Rosmarkam, *Ilmu Kesuburan Tanah* (Yogyakarta: PT Kanisius, 2002). h.75

<sup>11</sup> Amalia T Sakya dan Muji Rahayu, "Pengaruh Pemberian Unsur Mikro Besi (Fe) Terhadap Kualitas Anthurium," *Jurnal Agrosains*, 12.1 (2010), 29–33.

<sup>12</sup>Yosep Tempomona, Johnly A Rorong, dan Audy D Wuntu, "Fotoreduksi Besi  $\text{Fe}^{3+}$  + Menggunakan Ekstrak Limbah Daun , Kulit , dan Cangkang Biji Pala ( *Myristica fragrans* )," *Jurnal MIPA UNSRAT ONLINE*, 4.1 (2015), 46–50.



Ion  $\text{Fe}^{2+}$  didapat dari metode elektrolisis, hasil pertama kali elektrolisis besi yaitu  $\text{Fe}^{2+}$ .<sup>13</sup> Elektrolisis merupakan proses penguraian suatu elektrolit oleh arus listrik menghasilkan energi kimia. Berikut reaksi kimia terbentuknya  $\text{Fe}^{2+}$ :



Air merupakan elektrolit sangat lemah, yang dapat mengalami ionisasi menjadi ion-ion  $\text{H}^{+}$  dan  $\text{OH}^{-}$ , sehingga memungkinkan untuk dielektrolisis menjadi gas-gas  $\text{H}_2$  dan  $\text{O}_2$ . Gas  $\text{H}_2$  dihasilkan pada katoda karena pada katoda terjadi reaksi reduksi ion  $\text{H}^{+}$ , sedangkan gas  $\text{O}_2$  dihasilkan pada anoda, karena terjadi reaksi oksidasi  $\text{OH}^{-}$ . Bila yang digunakan adalah elektroda bersifat reaktif, maka akan terjadi oksidasi pada anoda sehingga larut dalam larutan.<sup>14</sup> Dalam hal ini elektroda besi bersifat reaktif sehingga mengalami oksidasi.

Elektrolisis menghasilkan  $\text{Fe}^{2+}$  maka metode ini diterapkan pada tanaman hidroponik kangkung, tanaman membutuhkan unsur Fe dalam bentuk ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang sudah bisa langsung diserap oleh tanaman sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman hidroponik kangkung. Hasil pra penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman kangkung menggunakan metode elektrolisis berbeda nyata dengan pertumbuhan kangkung tanpa perlakuan

---

<sup>13</sup> Siti Fatimah, "Optimasi Ph Dan Hidrogen Peroksida Pada Proses Elektrokolorisasi Rodamin B," *The 3rd Universty Research Colloquium*, 2016, 47–55.

<sup>14</sup> Isana SYL, "Perilaku Sel Elektrolisis Air dengan Elektroda Stainless Steel," *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia* (Yogyakarta, 30 Oktober 2010) <[www.kimia.uny.ac.id](http://www.kimia.uny.ac.id)>.

elektrolisis. Penggunaan metode elektrolisis mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman, panjang daun, lingkaran batang, banyak daun dan warna daun.

Berdasarkan hasil tersebut, maka dilakukan sebuah penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh perbedaan tegangan listrik dalam penentuan kekuatan voltase optimum untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman hidroponik kangkung.

## **B. Pembatasan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, agar masalah tidak meluas perlu dibatasi sebagai berikut:

1. Jenis kangkung yang digunakan adalah kangkung darat
2. Kebutuhan kandungan besi didapat dari metode elektrolisis
3. Teknik penanaman yang digunakan yaitu sistem hidroponik NFT

## **C. Rumusan Masalah**

Rumusan permasalahan yang akan menjadi fokus kajian dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh tegangan pada elektrolisis logam besi terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman hidroponik kangkung darat ?

## **D. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tegangan pada elektrolisis logam besi terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman hidroponik kangkung darat.

## **E. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini antara lain adalah:

1. Bagi bidang keilmuan

Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dalam perkembangan aplikasi teknologi untuk penelitian selanjutnya.

2. Bagi bidang kesehatan

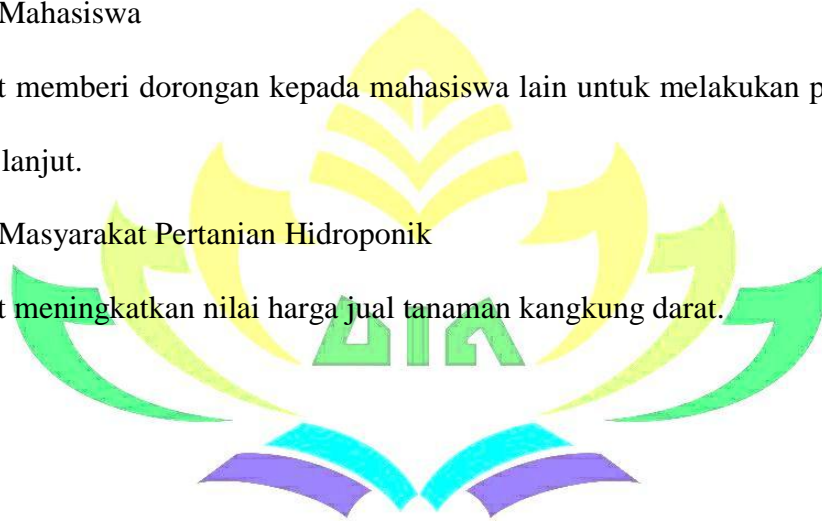
Dibidang kesehatan dan kesejahteraan manusia pada umumnya, diharapkan penelitian ini akan menghasilkan sampel sayuran kangkung dengan kadar zat besi yang tinggi daripada sayuran kangkung di pasaran.

3. Bagi Mahasiswa

Dapat memberi dorongan kepada mahasiswa lain untuk melakukan penelitian lebih lanjut.

4. Bagi Masyarakat Pertanian Hidroponik

Dapat meningkatkan nilai harga jual tanaman kangkung darat.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Hidroponik**

Hidroponik menjadi salah satu topik yang paling banyak diperbincangkan berbagai lapisan dan komunitas masyarakat di beberapa tahun terakhir ini. Sejak tahun 2011 atau lima tahun terakhir gaya hidroponik ini mulai menyebar ke masyarakat luas, sehingga bermunculan hobis baru di berbagai daerah.<sup>1</sup>

##### **1. Perkembangan Gaya Hidroponik**

Secara garis besar, latar belakang masyarakat berhidroponik terbagi menjadi dua yaitu berhidroponik sebagai hobi dan berhidroponik untuk usaha.

##### **a. Perkembangan Gaya Hidroponik Hobiis**

Masyarakat perkotaan memanfaatkan kegiatan ini sebagai hiburan disela-sela rutinitas pekerjaan karena hidroponik memiliki berbagai keunggulan dibandingkan budidaya tanaman biasa. Manfaat berhidroponik bagi hobiis seperti berikut.

##### **1) Berbeda dengan budidaya konvensional**

Salah satu kelebihan dari hidroponik adalah mampu membuat orang yang awalnya kurang menyukai aktivitas menanam dikarenakan beberapa alasan seperti malas berkotor-kotoran, malas mencangkul, ataupun enggan bersentuhan atau melihat berbagai serangga atau hewan lain yang ada didalam

---

<sup>1</sup> Bachri. *Op.Cit.* h.7-11



tanah menjadi mau berbudidaya. Hal ini karena hidroponik adalah sistem pertanian yang bersih, dalam artian tidak perlu bersentuhan langsung dengan tanah.

## **2) Efektif untuk memanfaatkan lahan disekitar rumah**

Pilihan terhadap hidroponik bagi hobis juga muncul karena hobi ini dapat dijalankan dirumah dengan memanfaatkan halaman. Dengan semikian, mereka yang memiliki lahan sempit dirumah tetap bisa menanam, tanpa harus mengolah tanah.

## **3) Pelepas stres dan menghilangkan kejenuhan**

Salah satu manfaat bercocok tanam yang ditunjukkan sebagai hobi adalah sebagai pelepas stres dan menghilangkan kejenuhan dari berbagai aktivitas pekerjaan rutin.

## **4) Menarik dan indah dipandang**

Kelebihan lain sistem hidroponik sehingga banyak dipilih hobiis di perkotaan adalah instalasi hidroponik beserta sayuran yang tumbuh di dalamnya umumnya menarik dan indah dipandang sehingga dapat mempercantik rumah.

## **b. Perkembangan gaya hidroponik skala usaha**

Berbagai keunggulan hidroponik untuk budidaya sayuran skala usaha sebagai berikut.

### **1) Tidak tergantung pada kondisi tanah**

Usaha budidaya sayuran pada sistem konvensional sangat tergantung pada kondisi tanah baik terkait kandungan unsur hara ataupun tingkat kesulitan

mengolah tanah. Dalam hidroponik sama sekali tidak berkaitan dengan tanah pada keseluruhan proses budidayanya dengan demikian, daerah-daerah yang memiliki lahan dengan kondisi tanah tidak memungkinkan untuk membudidayakan sayuran kini bisa menjadi penghasil sayuran yang berkualitas.

## **2) Populasi meningkat dibandingkan lahan konvensional**

Salah satu keunggulan hidroponik yang dapat menguntungkan bagi para pelaku usaha budidaya sayuran adalah hidroponik dapat dibuat bertingkat sehingga hasil panen dapat meningkat.

## **3) Masa panen lebih cepat**

Pemberian nutrisi secara tepat sesuai kebutuhan masing-masing jenis tanaman membuat pertumbuhan tanaman hidroponik maksimal dan dapat dipanen lebih cepat. Panen pada berbagai jenis sayuran hidroponik bisa lebih cepat 30-50% dibandingkan panen pada tanaman konvensional.

## **4) Hasil panen lebih bersih dan segar**

Hasil panen berbagai jenis sayuran hasil budidaya hidroponik lebih disukai konsumen karena penampilannya yang baik serta tampak segar dan bersih. Selain itu, rasa sayuran pun menjadi lebih gurih.

## **5) Biaya operasional produksi lebih efisien**

Pemberian nutrisi dapat disesuaikan jumlahnya benar-benar sesuai dengan kebutuhan tanaman sehingga tidak ada nutrisi yang terbuang. Nutrisi yang diberikanpun akan terus berada di wadah penampungan nutrisi ataupun terus

bersirkulasi tanpa ada yang terbuang ke lingkungan. Selain efisien nutrisi, hidroponik juga irit air dikarenakan air yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman tidak perlu disiramkan secara rutin 1-2 kali sehari, tetapi cukup sekali memberikan air yang dicampur nutrisi untuk kemudian diletakkan dibagian bawah tanaman ataupun dialirkan secara teratur.

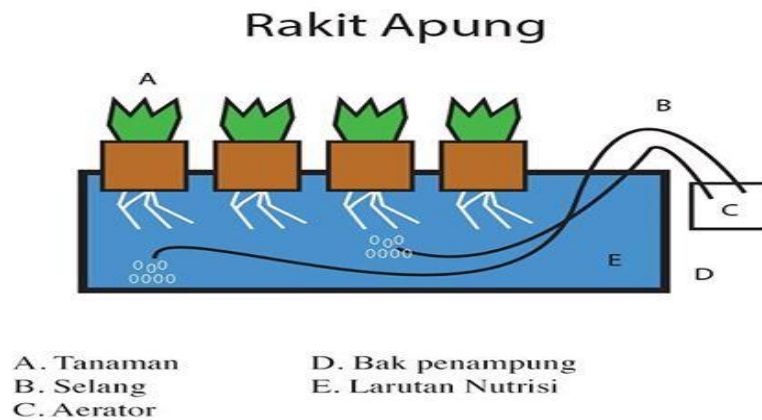
## **2. Sistem Hidroponik**

Terdapat beberapa jenis sistem hidroponik yang saat ini banyak diaplikasikan, baik untuk hobi ataupun skala usaha. Sistem hidroponik dapat dibedakan menjadi sistem statis (tanpa adanya aliran nutrisi) dan sistem dinamis (terdapat aliran nutrisi). Berikut penjabaran beberapa jenis sistem hidroponik tersebut.

### **a. Sistem hidroponik statis**

#### **1) Sistem rakit apung**

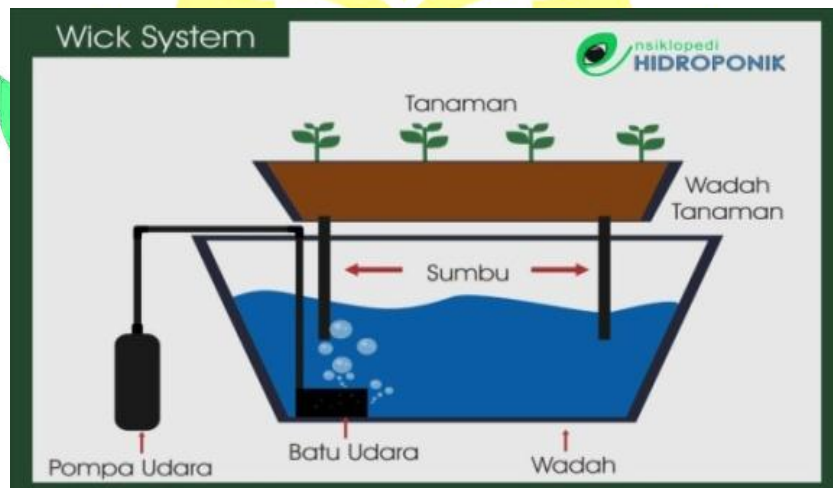
Hidroponik rakit apung atau yang disebut dengan *water culture* merupakan sistem hidroponik yang sederhana. Sesuai namanya, rakit apung menempatkan tanaman terapung diatas cairan nutrisi sehingga akar tanaman dapat terus mendapatkan nutrisi. Agar kadar oksigen dalam larutan senantiasa terjaga dan tanaman dapat tumbuh dengan baik, di dalam larutan nutrisi dapat diletakkan aerator yang biasa digunakan untuk menghasilkan gelembung udara pada akuarium.



(Gambar 2.1. Rakit Apung)

## 2) **Sistem sumbu (*Wicks System*)**

Sistem sumbu merupakan sistem hidroponik yang pasif karena kondisi larutan nutrisinya diam di dalam wadah bak penampung nutrisi. Akar tanaman menyerap nutrisi dibantu dengan sumbu yang menjuntai hingga menyentuh larutan nutrisi.



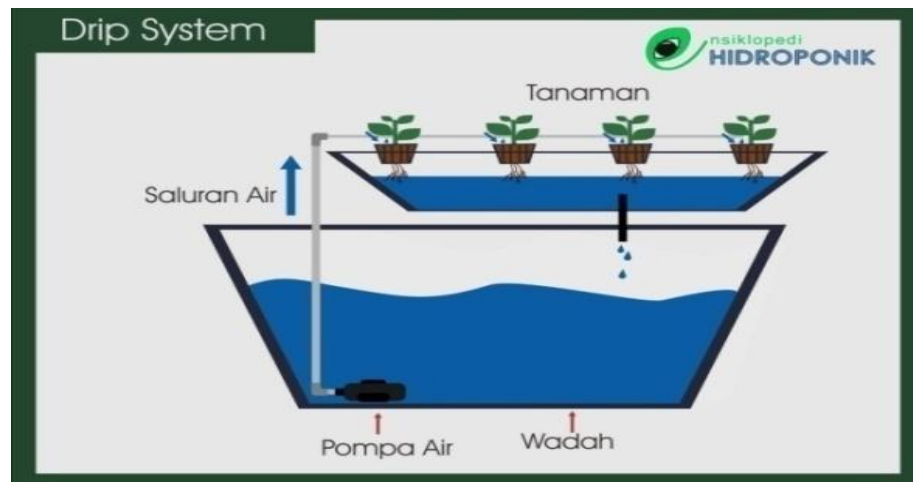
(Gambar 2.2 Sistem sumbu )

## b. Sistem hidroponik dinamis

### 1) Sistem drip

Sistem hidroponik ini dijalankan dengan cara meneteskan larutan nutrisi secara berkala ke dalam media tanam sehingga akar dapat menyerap nutrisi.

*Drip system* biasanya diaplikasikan pada tanaman sayuran buah seperti cabai, tomat, melon dan lainnya.



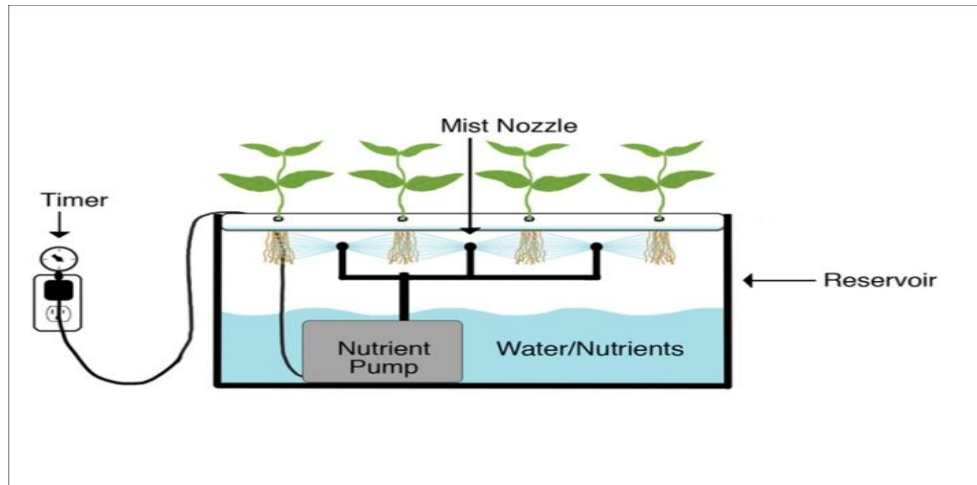
(Gambar 2.3 Sistem Drip)

### 2) Aeroponik

Sistem hidroponik ini terbilang paling canggih dan memerlukan peralatan serta instalasi yang lebih kompleks dibandingkan sistem hidroponik yang lain.

Aeroponik umumnya digunakan oleh pelaku hidroponik skala usaha.

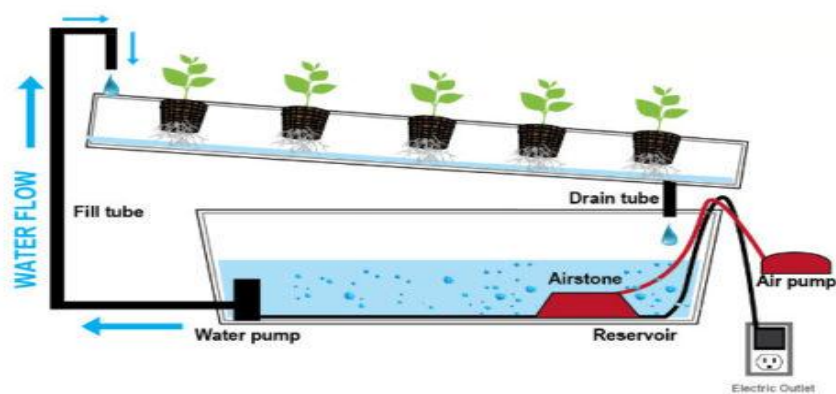
Aeroponik bekerja dengan cara menyemprotkan nutrisi dalam bentuk kabut langsung ke akar tanaman. Posisi akar tanaman ini tergantung di udara.



(Gambar 2.4 Sistem Aeroponik)

### 3) NFT (*Nutrient Film Technique*)

NFT merupakan salah satu sistem hidroponik yang banyak digunakan oleh pelaku hidroponik skala usaha. Sistem NFT dijalankan dengan cara mengalirkan nutrisi dalam talang-talang air dengan kedalaman aliran nutrisi yang tipis. Nutrisi dialirkan terus menerus selama 24 jam karena prinsip NFT adalah tidak adanya genangan nutrisi sehingga apabila aliran air (mesin pemompa air) dimatikan maka talang akan segera kering dan tanaman tidak mendapatkan nutrisi.



(Gambar 2.5 Sistem NFT)



Kelebihan dari sistem NFT adalah nutrisi yang terus mengalir sehingga kadar oksigen dalam larutan nutrisi stabil dan nutrisi terserap sempurna oleh akar tanaman. Kelemahannya apabila mati listrik cukup lama dapat mengakibatkan gangguan pada pertumbuhan tanaman. Karenanya, apabila menerapkan sistem ini untuk skala usaha ada baiknya melengkapi peralatan dengan genset terutama di daerah yang sering mati listrik dalam waktu cukup lama. Peralatan yang digunakan untuk sistem NFT antara lain instalasi rak talang air sebagai tempat aliran nutrisi dan tempat meletakkan bibit, dan pompa air. Berbagai jenis sayuran daun seperti kangkung, sawi, selada, dan seledri dapat dibudidayakan secara NFT.<sup>2</sup>

## **B. Deskripsi Tanaman Kangkung**

Kangkung merupakan jenis sayuran yang sudah sangat familiar bagi berbagai golongan masyarakat. Olahan kangkung biasanya berupa tumis atau cah kangkung. Selain permintaan rumah tangga yang besar, rumah makan, restoran hingga catering banyak yang menyajikan menu berbahan sayuran ini. Permintaan yang besar terhadap kangkung mendorong para pembudidaya hidroponik untuk menanam sayuran yang dapat dinikmati seluruh bagian tanamannya kecuali akarnya. Kangkung hidroponik hasil panen biasanya diminta pada ukuran maksimal 40 cm.<sup>3</sup>

Kangkung (*Ipomoea* sp.) dapat ditanam didataran rendah dan dataran tinggi. Kangkung merupakan jenis tanaman sayuran daun, termasuk kedalam famili *Convolvuceae*. Daun kangkung panjang berwarna hijau keputih-putihan merupakan

---

<sup>2</sup> Zekky, Bachri, *op cit*, h.21-24

<sup>3</sup> *Ibid*, h.13

sumber vitamin pro vitamin A. Berdasarkan tempat tumbuh, kangkung dibedakan menjadi dua macam yaitu kangkung darat dan kangkung air.<sup>4</sup>

Terdiri dari 2 macam kangkung yang memiliki data botanis berikut.

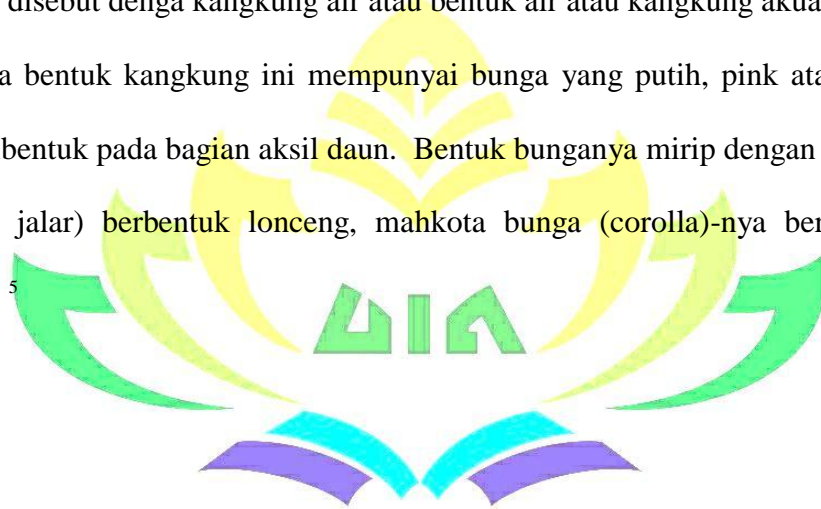
1. *Ipomoea aquatica* var. *reptans* Poir

Biasa disebut dengan kangkung darat, atau bentuk darat. Daunnya kecil-kecil runcing dan rupanya cantik menarik dibandingkan dengan kangkung air, dan warnanya hijau keputih-putihan. Pada umumnya jenis kangkung darat yang dikenal adalah Sutera, Sukabumi, Bangkok dll. Jenis kangkung ini terutama jenis Bangkok lebih disukai konsumen dengan harga yang relatif lebih mahal daripada kangkung air.

2. *Ipomoea aquatica* var. *aquatica* Forsk.

Biasa disebut dengan kangkung air atau bentuk air atau kangkung akuatik.

Kedua bentuk kangkung ini mempunyai bunga yang putih, pink atau merah ungu yang dibentuk pada bagian aksil daun. Bentuk bunganya mirip dengan *Ipomoea batatas* (ubi jalar) berbentuk lonceng, mahkota bunga (corolla)-nya berdiameter hingga 5 cm.<sup>5</sup>



---

<sup>4</sup> Syafri Edi dan Julistia Bobihoe, *Budidaya Tanaman Sayuran* (Jambi: Balai Pengkaji Teknologi, 2010).h.8

<sup>5</sup> Anna Laksanawati H. Dibyantoro, “Rampai - Rampai Kangkung”. (Balai Penelitian Tanaman Sayuran Pusat Penelitian Dan Pengembangan Hortikultura Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian,Bandung,1996),h.2-3

Tanaman kangkung darat diklasifikasikan sebagai berikut:



Kingdom	: <i>Plantae</i> (tumbuhan)
Divisio	: <i>Magnoliophyta</i> (berbunga)
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i> (berkeping dua/dikotil)
Ordo	: <i>Solanales</i>
Familia	: <i>Convolvuceae</i> (kangkung-kangkungan)
Genus	: <i>Ipomea</i>
Spesies	: <i>Ipomea reptans</i> Poir

(Gambar 2.6 Kangkung)

### C. Morfologi Kangkung

Kangkung merupakan jenis tanaman hijau yang memiliki akar, batang, daun, bunga, buah dan biji.

#### 1. Akar

Struktur pokok tumbuhan yang pertama adalah akar, yang dikenal nama ilmiahnya *radix*. Fungsi utama akar adalah sebagai alat penyerap air dan unsur hara, yang selanjutnya akan diteruskan ke batang dan daun. Akar tidak berbuku dan beruas karena itu tidak mendukung duduknya daun.

Secara anatomi, akar terdiri dari jaringan utama berupa *xilem* dan *floem*. Jaringan xilem bertugas untuk menyerap air, sedangkan jaringan floem bertugas menyerap unsur hara. Secara morfologi, akar merupakan salah satu cara yang paling mudah membedakan akar tumbuhan monokotil dan dikotil, yang dikenal dengan akar tunggang dan akar serabut.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Dewi Rosanti, *Morfologi Tumbuhan* (Jakarta: Erlangga, 2013).h.1-2

Kangkung memiliki perakaran tunggang yang banyak akar sampingnya. Akar tunggang tumbuh dari batangnya yang berongga dan berbuku-buku.

## **2. Batang**

Batang memiliki nama ilmiah yaitu *caulis*. Batang berfungsi memperkokoh berdirinya tumbuhan, sebagai jalur transportasi air dan unsur hara tumbuhan dari akar ke daun. Pada batang terdapat buku-buku yang dikenal nama ilmiah *nodus*.<sup>7</sup> Batang kangkung bulat dan berlubang berbuku-buku. Kangkung darat memiliki batang berwarna putih kehijau-hijauan.

## **3. Daun**

Tangkai daun melekat pada buku-buku batang dan ketiak daunnya terdapat mata tunas yang dapat tumbuh menjadi percabangan baru. Bentuk daun kangkung darat lebih kecil dan panjang dari kangkung air.

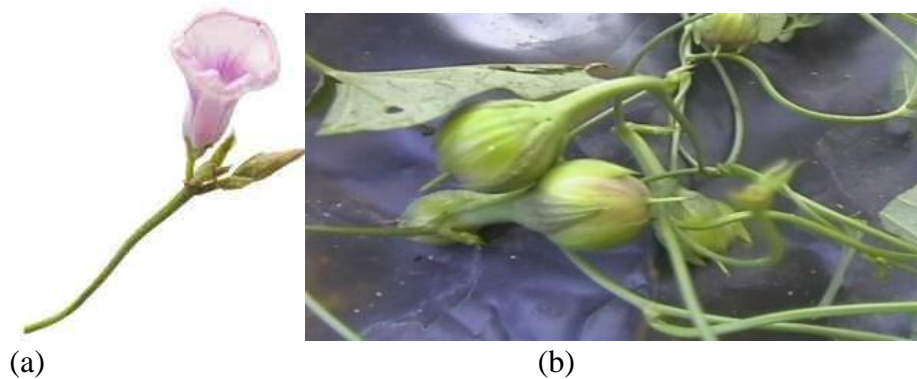
## **4. Bunga, buah dan biji**

Selama fase pertumbuhannya, tanaman kangkung dapat berbunga, berbuah dan berbiji, terutama jenis kangkung darat. Bentuk bunga seperti terompet dan daun mahkota bunga berwarna putih. Buah kangkung berbentuk bulat telur yang didalamnya berisi tiga butir biji. Bentuk biji kangkung bersegi-segi atau agak bulat, berwarna coklat atau kehitam-hitaman dan termasuk biji berkeping dua. Pada jenis kangkung darat biji berfungsi sebagai alat perbanyakan tanaman secara generatif.<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> *Ibid.* h.3

<sup>8</sup> Kangkung (*Ipomea reptans*), (on-line), tersedia di: <https://www.google.com/search?q=google&ie=utf8&oe=utf8&client=firefox-b#q=manfaat+kangkung+darat+pdf>. (8 Mei 2017)



(Gambar 2.7 bunga kangkung (a), buah kangkung (b) )

#### D. Kandungan Nutrisi Kangkung

Dalam 100 gram bagian kangkung yang bisa dimakan kangkung mengandung 6300 mg vitamin A, 32 mg vitamin C, 2,5 mg zat besi, 3 gram protein, 75 mg kalsium, dan 50 mg fosfor . <sup>9</sup>

**Tabel 2.1. Nutrisi dalam Kangkung**

Nutrisi	Kangkung
Kalori	30-44
protein	2,7-3,6
Serat	1,1-1,9
Kalsium	60-180
Posfor	42
Besi	5,4
B.karoten	2865
Thiamin	0,10
Riboflavin	0,10
Niacin	1,5
Ascorbic acid	100

Sumber : Data FAO (1972) *cit*: Tindal (1987)

<sup>9</sup> Anna Laksanawati H. Dibyantoro , *Op.cit*,h.4

## **E. Manfaat Tanaman Kangkung**

Bagian tanaman kangkung yang paling penting adalah batang muda dan pucuk-pucuknya sebagai bahan sayur-mayur. Kangkung selain rasanya enak juga memiliki kandungan gizi cukup tinggi, mengandung vitamin A, B dan vitamin C serta bahan-bahan mineral terutama zat besi yang berguna bagi pertumbuhan badan dan kesehatan. Disamping itu hewan juga menyukai kangkung bila dicampur dalam makanan ayam, itik, sapi, dan kelinci.

Seorang pakar kesehatan Filipina: Herminia de Guzman Ladion memasukkan kangkung dalam kelompok "Tanaman Penyembuh Ajaib", sebab berkhasiat untuk penyembuh penyakit "sembelit" juga sebagai obat yang sedang "diet". Selain itu, akar kangkung berguna untuk obat penyakit "wasir".<sup>10</sup>

## **F. Pertumbuhan Tanaman**

Pertumbuhan berarti pertambahan ukuran. Ada dua macam pengukuran yang lazim digunakan untuk mengukur pertambahan volume atau massa. Pertambahan volume (ukuran) sering ditentukan (misalnya, tinggi batang), diameter (misalnya, diameter batang), atau luas (misalnya, luas daun). Pertambahan massa sering ditentukan dengan cara memanen seluruh tumbuhan atau bagian yang diinginkan, dan menimbanginya cepat-cepat sebelum air terlalu banyak menguap dari bahan tersebut.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Kangkung (*Ipomea reptans*), (on-line), tersedia di: <https://www.google.com/search?q=google&ie=utf-8&oe=utf8&client=firefox-b#q=manfaat+kangkung+darat+pdf>. (8 Mei 2017)

<sup>11</sup> Frank Salisbury, *Fisiologi Tumbuhan* (Bandung: Penerbit ITB, 1995).,H.2



Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan, secara luas dikategorikan sebagai faktor eksternal (lingkungan) dan faktor internal (genetik).

## **1. Faktor Eksternal**

### **a. Suhu**

Pengaruh suhu terhadap tumbuhan dapat dilihat dalam penyebaran bioma. Karena penyebaran energi matahari tidak merata pada permukaan bumi. Di daerah yang paling kurang mendapatkan energi seperti di kutub-kutub, tumbuhannya membentuk vegetasi yang dikenal dengan tundra.<sup>12</sup> Pengaruh suhu terhadap tanaman adalah sangat besar, terutama terhadap pertumbuhan tanaman. Dengan suhu tinggi benih-benih akan mengadakan metabolisme lebih cepat, akibatnya apabila benih-benih dibiarkan dalam temperatur tinggi, daya kecambahnya akan turun.<sup>13</sup>

### **b. Cahaya**

Dengan bantuan cahaya tumbuhan dapat berfotosintesis dalam rangka memproduksi makanan dan kelangsungan hidupnya. Namun di sisi lain cahaya juga bisa menghambat pertumbuhan karena hormon auksin yang terdapat pada pucuk tumbuhan sehingga pada tumbuhan yang dibudidayakan dilakukan pengaturan cahaya sehingga pertumbuhan dan perkembangannya bisa cepat dan lebih baik. Secara umum fiksasi CO<sub>2</sub> maksimum terjadi sekitar tengah hari, yakni pada saat intensitas cahaya mencapai puncaknya. Penutupan cahaya matahari oleh awan juga akan mengurangi

---

<sup>12</sup> Jenny RE Kaligius, *Buku Materi Pokok Biologi 1* (Jakarta: Karunika Jakarta Universitas Terbuka, 1986). h.5.2

<sup>13</sup> Ance G Kartasaputra, *Teknologi Benih* (Jakarta: Rineka Cipta, 1992). h.26

laju fotosintesis.<sup>14</sup> Lamanya penyinaran mempengaruhi makhluk hidup juga. Bila tidak ada cahaya matahari sama sekali pertumbuhan tumbuhan sangat cepat tetapi batangnya kurus tinggi dan daunnya berwarna kekuning-kuningan. Peristiwa ini dikenal dengan peristiwa etiolasi.<sup>15</sup>

c. Makanan atau nutrisi

Makin tinggi Ketersediaan hara tanaman dalam tanah, kemungkinan besar produksi tanaman tinggi apabila faktor lain juga mendukung.<sup>16</sup>

d. Air

Pada sel-sel jaringan tanpa zat kayu, air berfungsi sebagai pengokoh oleh tekanan turgor yang berlangsung. Selain itu air berfungsi sebagai zat pelarut bagi zat hara sehingga dengan mudah dapat ditransportasikan keseluruh bagian tubuh dimana zat itu dibutuhkan.<sup>17</sup> Untuk tumbuhan tingkat tinggi laju fotosintesis paling dibatasi oleh ketersediaan air. Kekurangan air dapat menghambat laju fotosintesis, terutama pengaruhnya terhadap turgiditas sel. Air juga merupakan bahan baku fotosintesis, tetapi porsi air yang dimanfaatkan untuk fotosintesis kurang dari 5% dari air yang diserap oleh tanaman.<sup>18</sup>

---

<sup>14</sup> Benyamin Lakitan, *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan* (Jakarta: Rajawali Pers, 2011).160

<sup>15</sup> Jenny RE Kaligis, *Op Cit*, h. 5.5

<sup>16</sup> Rosmarkam., *Op Cit*, h.194

<sup>17</sup> Jenny, *Op Cit*, h. 5.6

<sup>18</sup> Benyamin Lakitan, *Op cit*, h.158

## **2. Faktor internal**

### **a. Gen**

Gen adalah substansi atau materi pembawa yang diturunkan dari induk. Gen mempengaruhi ciri dan sifat makhluk hidup misalnya bentuk tubuh, tinggi tubuh, warna kulit, rasa buah dan sebagainya.

### **b. Hormon**

Hormon merupakan zat yang berfungsi untuk mengendalikan berbagai fungsi didalam tubuh. Hormon tumbuhan adalah senyawa organik yang disintesis di salah satu bagian tumbuhan dan dipindahkan ke bagian lain, dan pada konsentrasi yang sangat rendah mampu menimbulkan suatu respon fisiologis. Hormon pada tumbuhan misalnya hormon auksin, sitokinin, giberelin, etilen, dan asam absisat.<sup>19</sup>

## **G. Unsur Hara Esensial Tanaman**

Beraneka ragam unsur dapat ditemukan di dalam tubuh tumbuhan, tetapi tidak berarti bahwa seluruh unsur-unsur tersebut dibutuhkan tumbuhan untuk kelangsungan hidupnya. Beberapa unsur yang ditemukan di dalam tubuh tumbuhan malah dapat mengganggu metabolisme atau meracuni tumbuhan, sebagai contoh adalah beberapa jenis logam berat seperti Al, Cd, Ag, dan Pb. Suatu unsur dikatakan esensial bagi tumbuhan adalah jika:

- 1) Tumbuhan tidak dapat melengkapi daur hidupnya ( sampai menghasilkan biji yang dapat tumbuh) apabila unsur tersebut tidak tersedia.

---

<sup>19</sup> Salisbury. *Op Cit*, h.33

- 2) Unsur tersebut merupakan penyusun suatu molekul atau bagian tumbuhan yang esensial bagi kelangsungan hidup tumbuhan tersebut. Misalnya N sebagai penyusun protein dan Mg sebagai penyusun klorofil.

Berdasarkan kriteria di atas, maka didapatkan ada 16 unsur hara esensial tumbuhan. Daftar unsur hara esensial tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Sebagian besar unsur hara esensial diperoleh tumbuhan dari dalam tanah, yakni sebanyak 13 jenis. Tiga lainnya yakni C, H, dan O berasal dari udara atau air.

**Tabel 2.2 Unsur hara esensial untuk tumbuhan tingkat tinggi dan konsentrasi internal yang dianggap berkecukupan.**

Unsur	Simbol	Bentuk tersedia	Berat atom	Konsentrasi (ppm)	Berkecukupan (%)
Karbon	C	CO <sub>2</sub>	12,01	450.000	45,0
Hidrogen	H	H <sub>2</sub> O	1,01	450.000	45,0
Oksigen	O	O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	16,00	60.000	6,0
Nitrogen	N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	14,01	15.000	1,5
Kalium	K	K <sup>+</sup>	39,10	10.000	1,0
Kalsium	Ca	Ca <sup>2+</sup>	40,08	5.0000	0,5
Magnesium	Mg	Mg <sup>2+</sup>	24,32	2.000	0,2
Fosfor	P	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	30,98	2.000	0,2
Belerang	S	SO <sub>4</sub>	32,07	1.000	0,1
Khlor	Cl	Cl <sup>-</sup>	35,46	100	0,01
Besi	Fe	Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>	55,85	100	0,01
Mangan	Mn	Mn <sup>2+</sup>	54,94	50	0,005
Boron	B	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	10,82	20	0,002
Seng	Zn	Zn <sup>2+</sup>	65,38	20	0,002
Tembaga	Cu	Cu <sup>2+</sup>	63,54	6	0,0006
Molibdenu m	Mo	MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	95,95	0,1	0,00001

Sumber: Modifikasi dari Salisbury dan Ross (1985)

Berdasarkan perbedaan konsentrasinya yang dianggap berkecukupan dalam jaringan tumbuhan, maka unsur hara esensial dibedakan menjadi unsur makro dan unsur mikro. Yang tergolong unsur makro adalah unsur esensial dengan konsentrasi 0,1% (1000 ppm) atau lebih, sedangkan unsur dengan konsentrasi kurang dari 0,1% digolongkan sebagai unsur mikro. Berdasarkan batasan ini maka tergolong unsur makro adalah C, H, O, N, P, K, Ca, Mg dan S. Unsur-unsur Cl, Fe, B, Mn, Zn, Cu, dan Mo tergolong unsur mikro. Pada konsentrasi yang terlalu tinggi, unsur hara esensial dapat juga menyebabkan keracunan bagi tumbuhan. Jadi bukan hanya logam berat yang dapat meracuni tumbuhan.<sup>20</sup>

Penggolongan unsur hara tanaman menurut Davidescu dan Davidescu (1988) disajikan pada Tabel 2.<sup>21</sup>

**Tabel 2.3 Penggolongan Unsur Hara Tanaman.**

Golongan	Esensial		Non-Esensial	
	Utama	Kedua	Menaikan produksi	Tidak menaikan produksi
Makro	N, P, K	Ca, Mg, S	Na	Si, V
Mikro	Fe, Mn, Zn, B, Cu	Mo, Co, Cl	Al, I	Ar, Ba, Be, Bi, Br, Cr, F, Li, Pb, Rb, Pt, Sr, Se.

Sumber: Davidescu & Davidescu (1988)

Fungsi unsur hara esensial baik unsur makro maupun mikro bagi tanaman adalah sebagai berikut:

<sup>20</sup> Benyamin Lakitan, *Op Cit*, h.63-67

<sup>21</sup> Rosmarkam., *Op.Cit* h.31 .

## 1. Unsur makro

Unsur hara makro adalah unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah banyak. Ada enam unsur hara makro yaitu:

### a. Nitrogen

Nitrogen merupakan unsur hara utama penunjang pertumbuhan vegetatif tanaman. Unsur ini berperan dalam pembentukan sel dan jaringan di dalam tanaman, seperti akar, batang, daun, dan awal pembentukan bunga. Dengan adanya nitrogen, daun akan menjalankan fungsinya dengan baik dalam proses fotosintesis. Hasil fotosintesis yang sempurna akan berpengaruh pada pertumbuhan daun, jumlah daun lebih banyak, helaian lebar, dan tampak mengkilap.

### b. Fosfor

Fosfor dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhan vegetatif, seperti pembentukan akar (terutama tanaman muda), pembentukan inti sel dan pembelahan sel, merangsang pembungaan, pembentukan biji, serta memperkuat daya tahan tanaman terhadap serangan penyakit. Pertumbuhan akar juga sangat dipengaruhi oleh ketersediaan fosfor. Jumlah akar yang banyak membuat tanaman dapat menyerap air beserta unsur hara lebih banyak.

### c. Kalium (K)

Kalium berperan memperlancar semua proses yang terjadi di dalam tanaman. Kalium akan memperkuat jaringan sehingga daun, bunga, dan buah tidak mudah rontok. Selain itu kalium juga berperan dalam pembentukan protein dan pembelahan



sel. Peran kalium dapat terlihat pada pertumbuhan vegetatif tanaman, seperti ketegaran batang, warna daun, dan jumlah serabut akar yang banyak.

d. Kalsium (Ca)

Bagi tanaman, kalsium berperan dalam mengatur dan merawat dinding sel. Kalsium terakumulasi pada bagian jaringan tanaman yang tua. Zat kapur ini banyak terdapat pada daun dan batang sebagai penyusun sel. Fungsi utamanya adalah substansi perekat, pengatur permeabilitas dalam sel, dan sangat esensial pada cairan sel.

e. Magnesium (Mg)

Magnesium bertugas membentuk klorofil dan butir hijau daun. Unsur ini sangat diperlukan agar fotosintesis berjalan dengan lancar.

f. Sulfur (S)

Seperti pada fosfor dan kalium, sulfur (belerang) juga berperan dalam proses sintesis protein, memperkeras protoplasma untuk daya tahan terhadap kekeringan dan hawa dingin.

**2. Unsur mikro**

Unsur mikro dibutuhkan tanaman dalam jumlah sedikit. Namun, unsur ini harus selalu tersedia didalam jaringan tanaman.

a. Besi (Fe)

Kehadiran besi dalam tanaman tidak boleh dianggap enteng sebab media tanam yang tidak mengandung besi menyebabkan tanaman hidup merana. Fungsi utamanya sebagai penyusun enzim-enzim aktif dalam fotosintesis dan respirasi.

Enzim sitokrom, katalase, dipeptidase, peroksidase, dan sebagainya mempunyai peranan penting sebagai katalisator reduksi-oksidasi. Kekurangan Fe akan mengakibatkan pengurangan aktivitas semua enzim tersebut selain juga terjadi penimbunan nitrat atau sulfat dalam jaringan tanaman. Gejala defisiensi Fe mula-mula timbul pada daun muda, kemudian berkembang pada lembaran antara tulang daun dan akhirnya seluruh daun. Warna daun menjadi kekuningan sedangkan warna tulang daun menjadi lebih gelap.<sup>22</sup> Pada kasus yang parah, daun muda bahkan memutih dengan bercak nekrosis. Belum diketahui dengan jelas mengapa kekurangan besi dengan cepat menghambat pembentukan klorofil, tapi dua atau tiga macam enzim yang mengkatalisis reaksi tertentu dalam sintesis klorofil tampaknya memerlukan  $\text{Fe}^{2+}$ . Besi bersifat esensial karena merupakan bagian dari enzim tertentu, dan bagian dari berbagai protein yang membawa elektron dalam fotosintesis dan respirasi. Besi mengalami oksidasi dan reduksi antara  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$  karena ia berlaku sebagai pembawa elektron dalam protein.<sup>23</sup>

b. Boron (B)

Boron berperan dalam pertumbuhan tanaman untuk mengangkut karbohidrat dari daun ke bagian jaringan lain. Boron juga berperan dalam pembelahan sel sehingga bagian-bagian tanaman dapat tumbuh aktif. Pada fase generatif, boron sangat mempengaruhi perkembangan serbuk sari.

---

<sup>22</sup> Rosmarkam, *Op.Cit*, h.73-75

<sup>23</sup> Salisbury, *Op Cit*, h.146

c. Tembaga (Cu)

Tembaga merupakan salah satu bahan pembentuk hijau daun (klorofil). Unsur ini berperan dalam proses metabolisme protein dan karbohidrat.

d. Mangan (Mn)

Fungsi mangan sebagai aktivator pada beberapa enzim untuk memperlancar asimilasi.

e. Seng (Zn)

Seng berfungsi untuk membentuk hormon tubuh. Disamping itu, seng juga membantu pertumbuhan daun dan pembentukan klorofil.

f. Klor (Cl)

Klor dibutuhkan tanaman pada fase generatif. Klor sangat penting untuk mengeluarkan oksigen dari hasil fotosintesis.

Ada dua jenis pupuk yang dijual dipasaran yaitu pupuk organik dan pupuk anorganik. Pupuk organik diperoleh dari hasil dekomposisi bahan alami, seperti pupuk kandang, pupuk hijau, dan kompos. Sementara pupuk anorganik merupakan pupuk buatan pabrik dari bahan kimia dengan kandungan unsur-unsur hara tertentu. Berdasarkan kandungan unsur haranya, dikenal pupuk tunggal dan pupuk majemuk.<sup>24</sup> Pupuk tunggal mengandung hanya satu unsur, sedangkan pupuk majemuk paling

---

<sup>24</sup> N.S Budiana, *Memupuk Tanaman Hias* (Jakarta: Penebar Swadaya, 2008), h. 5

tidak mengandung dua unsur yang diperlukan seperti pada pengelompokan jenis dari pupuk kimia.<sup>25</sup>

#### 1. Pupuk organik

Ada empat jenis pupuk organik yang umum dipakai, yakni pupuk kandang, pupuk hijau, kompos, dan humus. Kandungan unsur hara beberapa jenis pupuk organik disajikan pada tabel 2.4.

**Tabel 2.4. Kandungan Unsur Hara Pupuk Organik**

Bahan	Nitrogen (%)	Fosfor (%)	Kalium(%)
Pupuk kandang (ayam)	1,00	0,80	0,40
Pupuk kandang (domba)	0,75	0,50	0,45
Pupuk kandang (kambing)	0,60	0,30	0,17
Pupuk kandan (sapi)	0,40	0,20	0,10
Pupuk kandang (itik)	1,00	1,54	0,62
Kompos	2,50	1,00	2,00

Sumber: N.S Budiana (2008)

#### 2. Pupuk anorganik

Saat ini, beragam merek pupuk anorganik dijual dipasaran dengan beraneka bentuk, warna dan cara penggunaannya. Komposisi pupuk tersebut ada yang mengandung satu unsur hara saja dan lebih dari satu unsur hara. Berdasarkan pemakaian pupuk majemuk dibedakan menjadi pupuk akar dan pupuk daun.

---

<sup>25</sup> Panji Nugroho, *Panduan Membuat Pupuk Kompos Cair* (Jakarta: Pustaka Baru Press), h.33

a. Pupuk akar

Pupuk ini disebut pupuk akar karena pemberiannya dengan cara menaburkan atau menyiramkan ke media tanam dengan harapan dapat diserap oleh bulu-bulu akar tanaman secara optimal. Melalui akar tanaman, pupuk ditranslokasikan ke dalam jaringan daun sebagai unsur utama fotosintesis.<sup>26</sup> Contoh pupuk akar beserta kandungannya yang beredar di pasaran disajikan pada tabel 2.

**Tabel 2.5 Beragam Merek dan Kandungan Unsur Hara Pupuk Akar yang Beredar di Pasaran**

Merek Pupuk Akar	Kandungan Unsur Hara			
	N (%)	P (%)	K(%)	Unsur Tambahan
Dekastar	18	11	10	-
Magamp Plua K	7	40	6	Mg
Dekaform	20	10	5	S, Ca, dan Fe
Green giant	3	5	3	Ca, S, Mg, Na, Cu, Mo, B, Fe, Zn, Mn, Cl, dan Se
Mutiara	16	16	16	-
Osmocote	14	14	14	-

Sumber : N.S. Budiana (2008)

b. Pupuk daun

Pupuk daun merupakan salah satu jenis pupuk anorganik majemuk. Disebut demikian karena pembuatan pupuk daun bertujuan agar unsur-unsur yang terkandung di dalamnya dapat diserap oleh daun atau untuk pembentukan zat hijau daun.<sup>27</sup>

<sup>26</sup> Budiana, *Op.Cit.h* 22

<sup>27</sup> *Ibid*, h. 23

**Tabel 2.6. Kandungan Hara Beberapa Merek Pupuk Daun**

Merek Pupuk Daun	Kandungan Hara			
	N (%)	P (%)	K (%)	Unsur Tambahan
Gandasil	20	15	15	B, Fe, Cu, Zn, Mb, Mg, dan Vitamin
Gandasil 63	21	21	21	Fe, Mn, B, Cu, Zn, dan Bo
Growmore Hijau	20	20	20	Mg, Mn, Mo, Fe, Ca, Co, B, S, dan Zn
Molyfert A	15	10	32	Fe, Mn, B, Cu, Zn, vitamin, dan hormon
Best Foliar B	15	30	15	-
Vitabloom Sp Biru	5	50	17	-
Gaviota	12	24	24	-

Sumber : N.S. Budiana (2008)

#### **H. Penyerapan Besi (Fe) Oleh Tanaman**

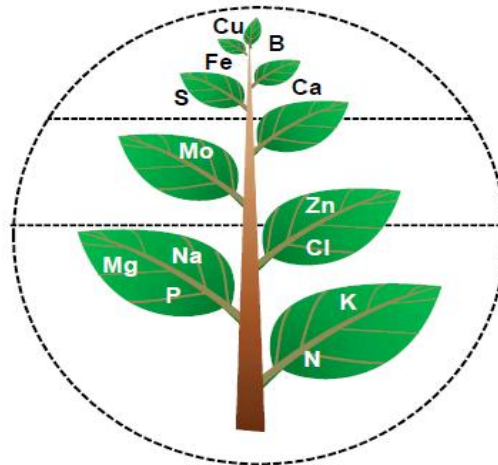
Hara diserap tanaman dalam bentuk ion bermuatan positif dan bermuatan negatif.<sup>28</sup> Beberapa unsur dengan mudah ditranslokasikan dari daun tua ke daun muda dan organ penampung seperti organ reproduksi atau umbi. Unsur-unsur tersebut adalah nitrogen, fosfor, kalium, magnesium, klor dan belerang. Sedangkan kelompok unsur lainnya lebih sulit untuk ditranslokasikan misalnya boron, besi dan kalsium. Mobilitas unsur seng, tembaga, mangan dan molibdenum tergolong sedang. Unsur-unsur yang mudah ditranslokasikan, gejala kekurangannya pertama kali terlihat pada daun-daun tua, dan sebaliknya untuk unsur-unsur yang sulit ditranslokasikan, gejala kekurangan mula-mula tampak pada daun-daun muda.<sup>29</sup> Tanaman membutuhkan Fe (*Iron*) yang memainkan peranan penting dalam reaksi respirasi dan fotosintesis.

<sup>28</sup> Rosmarkam, *Op Cit*, h.37

<sup>29</sup> Budiana, *Op Cit*, h.15



Defisiensi Fe mengakibatkan penurunan pembentukan klorofil yang dicirikan oleh klorosis antar tulang daun dengan perbedaan yang jelas antara area klorosis dan tulang daun pada daun muda. Daun dengan defisiensi Fe sering menunjukkan klorosis pada antar tulang daun yang menghasilkan jejaring warna hijau. Dengan tingkat defisiensi yang semakin tinggi, seluruh daun akan nampak kuning-memutih yang kemudian berubah menjadi nekrosis.<sup>30</sup>



(Gambar 2.8 Defisiensi unsur hara pada tanaman)

Besi merupakan unsur mikro yang diserap dalam bentuk ion feri ( $\text{Fe}^{3+}$ ) ataupun fero ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Fe dan unsur mikro lainnya dapat diserap dalam bentuk khelat (ikatan logam dengan bahan organik). Fe dalam tanaman sekitar 80% yang terdapat dalam kloroplas atau sitoplasma.<sup>31</sup> Secara umum tanaman mengambil besi dalam bentuk ion  $\text{Fe}^{2+}$  dari alam, tetapi ketersediaan besi di alam dalam bentuk ion

<sup>30</sup> Sitompul, "Nutrisi Tanaman: Diagnosis Defisiensi Nutrisi Tanaman," *Modul*, 2015.,h,6-12.

<sup>31</sup> Rosmarkam, *Op Cit*,h.71-72

$\text{Fe}^{3+}$ . Oleh karena itu ion  $\text{Fe}^{3+}$  harus direduksi lebih dahulu menjadi ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ), agar dapat berasosiasi dengan suatu senyawa faktor.<sup>32</sup>

Ada dua strategi umum penyerapan besi oleh angiospermae (ditelaah oleh Maschner dkk, 1986; Romheld, 1987; Brown dan Jolley, 1988; Bienfait, 1988; Longnecker, 1988). Strategi 1, yang didapati pada dikotil dan monokotil, meliputi pelepasan ligand serupa fenol, misalnya asam kafeat. Ligand ini terutama mengkelat  $\text{Fe}^{3+}$ , lalu besi terkelat ini bergerak ke permukaan akar, tempat  $\text{Fe}^{3+}$  direduksi menjadi  $\text{Fe}^{2+}$ , meskipun masih dalam bentuk kelat. Secara bersamaan, akar tumbuhan kahat besi dari jenis strategi 1 ini lebih cepat membentuk zat pereduksi yang melakukan proses reduksi itu. Reduksi menyebabkan lepasnya  $\text{Fe}^{2+}$  dari ligand dan  $\text{Fe}^{2+}$  segera diserap. Tumbuhan strategi II, sejauh yang diketahui, ditemui hanya pada rerumputan, termasuk tanaman serelia berbulir. Tumbuhan jenis ini menanggapi keadaan rawan kahat besi dengan cara membentuk dan melepaskan ligand kuat untuk mengkelat  $\text{Fe}^{3+}$  secara khusus. Ligand itu disebut sideroferos.<sup>33</sup>

## I. Elektrolisis

Pada umumnya koloid padat menyerap ion sehingga akan bermuatan listrik. Partikel koloid yang bermuatan akan tolak menolak sesamanya. Akibatnya, koloid akan stabil dan tidak terkoagulasi. Contohnya adalah koloid  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$  dapat distabilkan dengan ion  $\text{Fe}^{3+}$ , karena menyerap ion tersebut.<sup>34</sup>

---

<sup>32</sup> Tempomona Yosep, "Fotoreduksi Besi  $\text{Fe}^{3+}$  Menggunakan Ekstrak Limbah Daun, Kulit, dan Cangkang Biji Pala (*Myristica fragrans*), 2015", *jurnal MIPA UNSRAT*, Vol.4, No.1, (2015)

<sup>33</sup> Salisbury, *Op. cit*, h.141

<sup>34</sup> S Syukri, *Kimia Dasar 2* (Bandung: ITB, 1999), h.454-463

Sel elektrokimia adalah sel yang menghasilkan transfer bentuk energi listrik menjadi energi kimia atau sebaliknya melalui saling interaksi antara arus listrik dan reaksi redoks. Terdapat dua macam sel elektrokimia yaitu sel volta atau sel Galvani dan sel elektrolisis. elektrolisis berbeda dengan reaksi redoks spontan, yang berakibat pada konversi bahan kimia energi menjadi energi listrik, elektrolisis adalah proses dimana energi listrik digunakan menyebabkan reaksi kimia nonspontaneous terjadi<sup>35</sup>. Logam reaktif dalam anoda tembaga, seperti besi dan seng, juga teroksidasi pada anoda dan memasuki larutan sebagai ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Zn}^{2+}$ . Namun keduanya tidak tereduksi pada katoda. Pada akhirnya sewaktu logam besi larut, logam-logam ini jatuh ke dasar sel. Jadi hasil bersih dari elektrolisis ini adalah  $\text{Fe}^{2+}$ .<sup>36</sup>

Produk elektrolisis umumnya bisa diperkirakan dengan membandingkan potensi reduksi terkait dengan kemungkinan oksidasi dan reduksi. Elektroda dalam sel elektrolitik dapat aktif, artinya elektroda bisa dilibatkan dalam reaksi elektrolisis. Media pembawa arus di dalam sel elektrolit bisa berupa garam cair atau elektrolit larutan.<sup>37</sup>

Pada larutan atau leburan elektrolit yang akan di elektrolisis, dicelupkan dua buah batang yang bertindak sebagai elektroda-elektroda, masing-masing sebagai katoda dan anoda. Proses reduksi terjadi di katoda dan oksidasi akan terjadi di anoda. Kedua elektroda itu dihubungkan dengan sumber arus listrik. Kemudian arus listrik masuk kedalam larutan melalui elektroda sehingga terjadi reaksi redoks. Pada larutan

---

<sup>35</sup> Raymond Chang, *Chemistry 10th Edition*, 10th Editi (Thomas D. Timp, 2010).

<sup>36</sup> Raymond Chang, *Kimia Dasar Jilid 2* (Jakarta: Erlangga, 2005), h.224-225

<sup>37</sup> Theodore L Brown dan Et.al, *Chemistry* (America: Pearson Prentice Hall, 2009), h.882

elektrolit terdapat kation (ion positif) dan anion (ion negatif) yang berasal dari ionisasi elektrolit. Jika arus listrik di alirkan ke dalam larutan, maka kation akan mengalami reduksi dengan menangkap elektron, sedangkan anion akan mengalami oksidasi dengan melepaskan elektron. Oleh karena reduksi terjadi di katoda dan oksidasi terjadi di anoda, maka kation akan menuju katoda dan anion akan menuju anoda. Jadi, dalam sel elektrolisis katoda merupakan elektroda negatif (sebab dituju oleh ion negatif) dan anoda merupakan elektroda positif.<sup>38</sup>

Hubungan kuantitatif antara jumlah muatan listrik yang digunakan dan jumlah zat yang terlibat dalam reaksi telah dirumuskan oleh Faraday. Hal ini dapat terjadi karena melibatkan reaksi reduksi-oksidasi yang mengandalkan peran partikel bermuatan sebagai penghantar muatan listrik. Air merupakan elektrolit sangat lemah, yang dapat mengalami ionisasi menjadi ion-ion  $H^+$  dan  $OH^-$ .



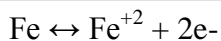
Bila elektroda yang digunakan bersifat reaktif, pada anoda akan terjadi oksidasi elektrodanya sehingga larut dalam larutan. Pada elektrolisis air murni, kation  $H^+$  akan berkumpul di anoda dan anion  $OH^-$  akan berkumpul di katoda. Hal ini dapat dibuktikan dengan menambahkan suatu indikator ke dalam elektrolisis air, daerah anoda akan bersifat asam sedangkan daerah katoda akan bersifat basa. Muatan ion akan mengganggu aliran arus listrik lebih lanjut sehingga proses elektrolisis air murni berlangsung sangat lambat. Hal ini juga merupakan alasan mengapa air murni

---

<sup>38</sup> Satriananda, "Penyisihan Besi (Fe) dalam Air Dengan Proses Elektrokoagulasi," *Jurnal Reaksi*, 7.15 (2011), 1–6.

memiliki daya hantar arus listrik yang sangat lemah. Jika suatu elektrolit dilarutkan dalam air maka daya hantar air akan naik dengan cepat. Elektrolit akan terurai menjadi kation dan anion. Anion akan bergerak ke arah anoda dan menetralkan muatan positif  $H^+$  sedangkan kation akan bergerak ke arah katoda dan menetralkan muatan negatif  $OH^-$ . Hal ini menyebabkan arus listrik dapat mengalir lebih lanjut.<sup>39</sup>

Kedua kompartemen dihubungkan dengan agar-agar sebagai jembatan garam. Pada proses elektrolisis, anode mulai rontok sehingga larutan pada kompartemen anodik berwarna kuning kecoklatan. Anode rontok karena bereaksi dengan  $Cl_2$ . Hal ini dikarenakan semakin lama waktu elektrolisis maka konsentrasi larutan pada kompartemen anodik dan kompartemen katodik semakin pekat. Hasil utama elektrolisis adalah  $Fe^{2+}$ . Berikut reaksi elektrolisis terbentuknya  $Fe^{2+}$ .<sup>40</sup>



## J. Kerangka Berfikir

Hidroponik menjadi salah satu topik yang paling banyak diperbincangkan berbagai lapisan dan komunitas masyarakat beberapa tahun terakhir. Hidroponik ini mulai menyebar kemasyarakat sejak 2011, sehingga banyak yang menjadikan hidroponik sebagai hobi ataupun sebagai bisnis. Berbagai sayuran daun dan sayuran

---

<sup>39</sup> Isana SYL., “Perilaku sel elektrolisis air dengan elektroda stainless steel”, *Juridik Kimia UNY*, (2010).

<sup>40</sup> H.A.C. Moreno et al., “Electrochemistry behind Electrocoagulation using Iron Electrodes,” *ECS Transactions*, 6.9 (2007), 1–15 <<https://doi.org/10.1149/1.2790397>>.

buah kini sudah banyak yang dibudidayakan secara hidroponik baik untuk tujuan hobi ataupun untuk usaha bisnis. Diantara sekian banyak sayuran yang dapat dihidroponik salah satunya yaitu kangkung.

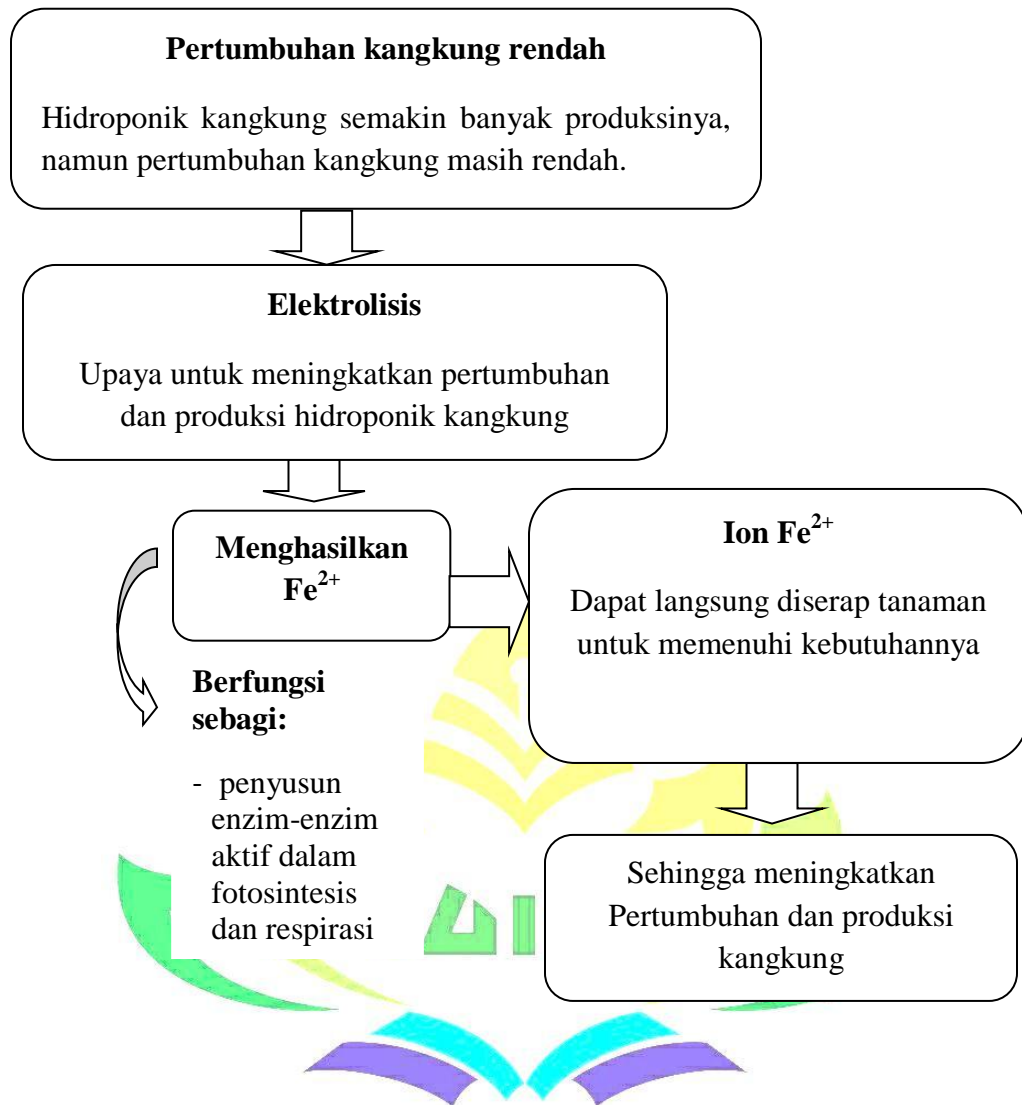
Pertumbuhan dan produksi kangkung rendah dibandingkan dengan sayuran lainnya. Upaya meningkatkan pertumbuhan kangkung maka harus terpenuhi kandungan unsur hara pada tanaman kangkung tersebut. Salah satu kandungan dalam kangkung yang sangat dibutuhkan oleh tanaman ini adalah zat besi. Kangkung membutuhkan zat besi untuk membantu dalam proses fotosintesis dan penyempurnaan pertumbuhannya. Dengan kehadiran zat besi dalam kangkung selain berdampak bagi kualitas pertumbuhan kangkung juga dapat meningkatkan nilai jual kangkung, sehingga perekonomian petani juga meningkat.

Oleh karena itu untuk menghasilkan zat besi yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi kangkung digunakan metode elektrolisis besi yaitu penguraian energi listrik menjadi energi kimia. Elektrolisis besi menghasilkan ion besi dalam bentuk  $\text{Fe}^{2+}$  yang sudah siap diserap oleh tanaman.

Teknologi memang mutlak diperlukan oleh berbagai sektor termasuk dalam pertanian untuk mempermudah proses produksi dan mendapatkan pertumbuhan yang optimal bagi tanaman.

Adapun kerangka berpikir ini dapat lebih jelas dilihat dari bagan berikut.

### Bagan kerangka berpikir





### **BAB III**

#### **METODE PENELITIAN**

##### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan mulai pada bulan Juli sampai bulan September 2017 dari persiapan sampai dengan pengambilan data selesai. Penelitian ini dilaksanakan dalam green house, Sukrame Bandar Lampung.

##### **B. Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini yaitu penelitian eksperimen. Pada penelitian ini dilihat pengaruh variasi kekuatan aliran listrik pada proses elektrolisis yaitu menggunakan 3 volt, 4,5 volt dan 6 volt terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kangkung hidroponik.

##### **C. Alat dan Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu benih kangkung darat, pupuk NPK (merk mutiara), logam besi, garam, agar-agar, air. Alat yang digunakan yaitu adaptor, selang air, pipa paralon, bor, kabel, penggaris, pH meter, TDS meter (hold), ember, pompa air celup, rockwool, kran, BWD, SPAD-502 Klorofil meter dan timbangan digital.

## **D. Cara Kerja**

### **1. Tahap Persiapan**

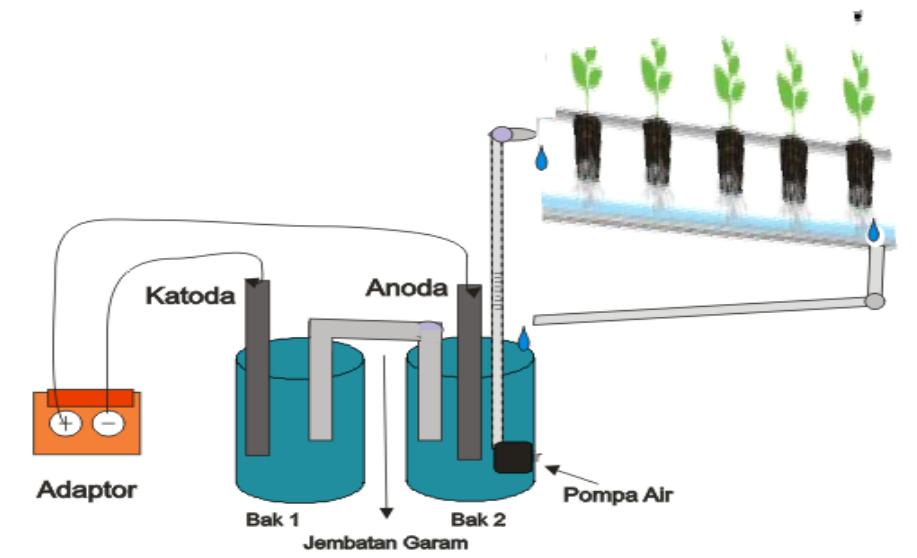
#### **a. Persiapan alat dan bahan**

Pada tahap persiapan peneliti menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Persiapan ini berupa kelengkapan alat dan bahan serta keberfungsian alat-alat yang akan digunakan.

#### **b. Persiapan instalasi**

Setelah alat dan bahan lengkap dan sesuai fungsinya, dilanjutkan dengan merangkai instalasi hidroponik yang terdiri dari 4 paralon dengan diberi 10 lubang masing-masing paralon dengan jarak antar lubang sama. Kemudian diberi saluran air menggunakan selang yang terhubung oleh pompa air dalam bak penampung nutrisi.

Rangkaian elektrolisis dalam penelitian ini digunakan 4 varian tegangan listrik yaitu perlakuan pertama menggunakan elektrolisis dengan tegangan 3 volt, perlakuan kedua 4,5 volt, perlakuan ketiga 6 volt dan tanpa elektrolisis. Masing-masing perlakuan menggunakan dua ember yang dicelupkan dua batang elektroda besi, sebagai anoda pada kutub positif dan sebagai katoda pada kutub negatif. Kemudian di beri aliran listrik menggunakan sumber listrik DC selama 60 menit menggunakan adaptor dan keduanya dihubungkan dengan jembatan garam. Rangkaian instalasi tanpa elektrolisis hanya menggunakan satu bak penampung nutrisi.

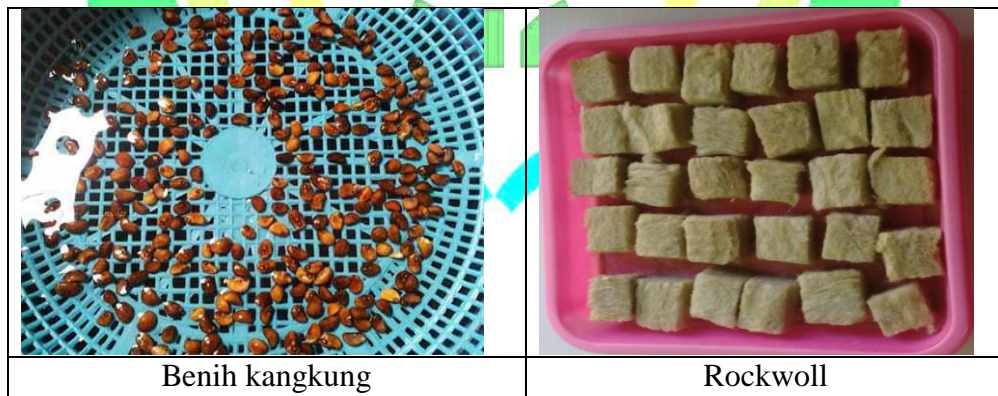


(Gambar 3.1. Instalasi hidroponik menggunakan elektrolisis)

## 2. Tahap Pelaksanaan Percobaan

### a. Penyemaian benih (fase I)

Tahap pertama yang dilakukan yaitu dengan melakukan penyemaian benih yang sudah dipersiapkan. Tujuan dari penyemaian ini yaitu untuk memutus masa dorman (tidur) dari benih sehingga benih pecah atau berkecambah.



(Gambar 3.2. Benih kangkung dan media tanam Rockwool)

Benih kangkung ditanam ke media Rockwool, satu Rockwool berisi 2 atau 3 biji kangkung yang tujuannya untuk cadangan jika ada benih yang tidak tumbuh.



(Gambar 3.3 . Penyemaian benih kangkung)

Benih yang sudah disemai harus dijaga kelembapannya dengan cara mengairi Rockwool agar Rockwool senantiasa basah.

#### **b. Pemindahan ke fase II**

Setelah benih kangkung tumbuh berumur 7-8 hari dan memiliki 4 buah daun, bibit kangkung dipindahkan ke rak penanaman hidroponik.



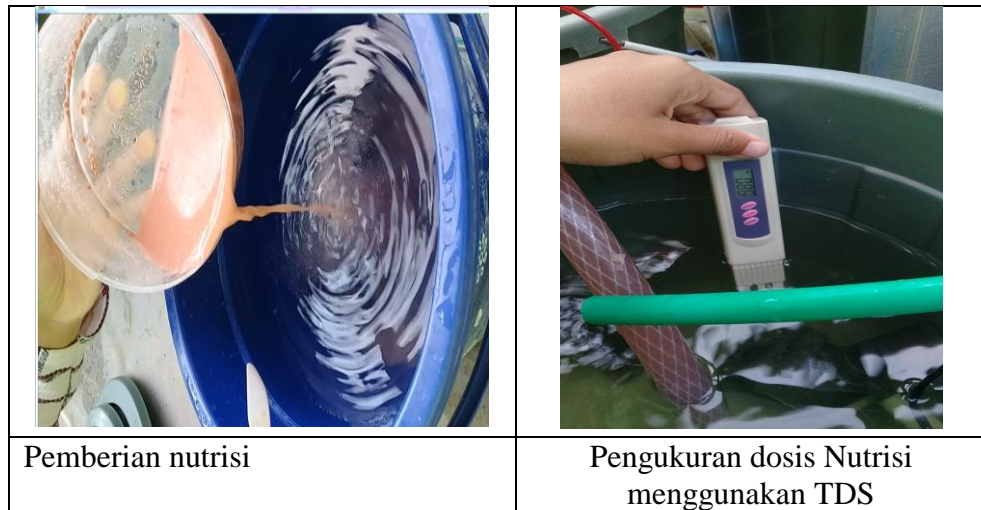
### c. Pemberian Nutrisi

Pemberian nutrisi untuk tanaman menggunakan pupuk NPK (merek mutiara). Kandungan pupuk mutiara yaitu: N(16%), P(16%), K(16%).<sup>1</sup> Pupuk NPK dalam bentuk padat ditambahkan air untuk melarutkannya, kemudian dicampur kedalam bak penampung nutrisi dengan dosis 900 – 1000 ppm yang sudah siap akan dialirkan secara merata ke masing-masing saluran pipa hidroponik dengan menggunakan pompa yang telah tersambung dengan selang. Pengukuran dosisi 900-1000 ppm menggunakan TDS meter.

---

<sup>1</sup> N.S.Budiana,*Memupuk Tanaman Hias*,(Jakarta:Penebar Swadaya,2008),h.19





(Gambar 3.4. Pemberian Nutrisi)

#### d. Panen

Tanaman kangkung dipanen usia 20 hari dengan ukuran panjang kangkung rata-rata 35-40 cm. Pemanenan dilakukan secara manual dengan cara mengambilnya langsung dari rak instalasi hidroponik.

### 3. Tahap pengambilan data

Tahap ini dilakukan dari saat kangkung mulai di tanam pada media tanam setelah penyemaian. Data diambil setiap 2 hari sekali selama 20 hari. Parameter yang diamati berupa tinggi tanaman, warna daun, jumlah daun, lingkaran batang, berat basah tanaman, dan berat kering tanaman.

#### a. Tinggi Tanaman (cm)

Pengamatan dilakukan dengan cara mengukur bagian pangkal batang tanaman pada permukaan media sampai pada titik ujung daun tertinggi dengan menggunakan penggaris.

**b. Jumlah Daun (helai)**

Daun yang di hitung adalah daun yang sudah mengandung klorofil dan sudah bisa berfotosintesis serta daun yang sudah mekar sempurna.

**c. Warna Daun**

Pengamatan warna daun dilakukan dengan mencocokkan warna daun pada index bagan warna daun (BWD) untuk mengetahui perubahan warna pada daun kangkung.

**d. Lingkar Batang**

Diukur dengan cara melingkarkan benang ke batang bagian tengah, kemudian benang tersebut diukur menggunakan penggaris.

**e. Berat basah tanaman**

Pengamatan ini dilakukan dengan cara menimbang seluruh bagian tanaman dalam keadaan segar dan ditimbang secara langsung setelah panen.

**f. Berat kering tanaman**

Pengamatan dilakukan dengan cara menggofen (mengeringkan) selama 2x24 jam dengan suhu 80°C, dilakukan penimbangan pertanaman yang telah di keringkan sampai diperoleh bobot konstan.

**E. Variabel Pengamatan**

1. Variabel bebas : Terdiri dari 3 perlakuan tegangan elektrolisis yang berbeda (3 volt, 4,5 volt, dan 6 volt) dan kontrol dengan masing-masing 10 tanaman sehingga jumlah seluruh tanamna sebanyak 40 tanaman. Perlakuan dapat dilihat pada tabel 3.1.



Tabel 3.1 Perlakuan kekuatan elektrolisis pada kangkung

Kode	Perlakuan
E1	Elektrolisis dengan tegangan 6 volt
E2	Elektrolisis dengan tegangan 4,5 volt
E3	Elektrolisis dengan tegangan 3 volt
K	Tanpa perlakuan elektrolisis (kontrol)

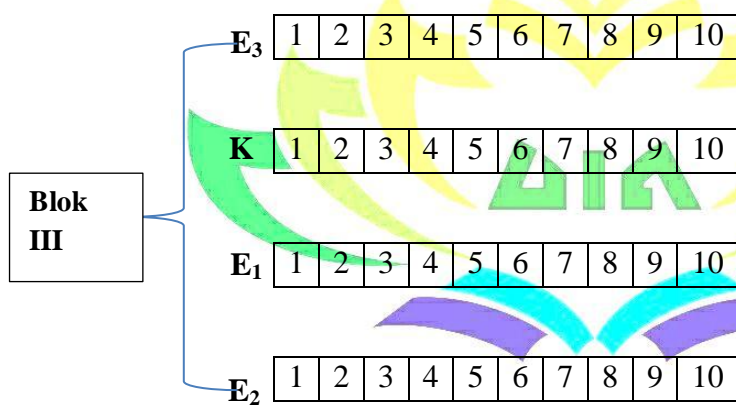
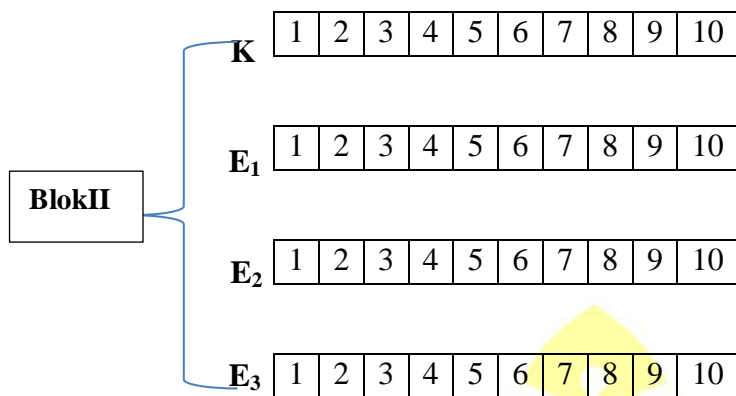
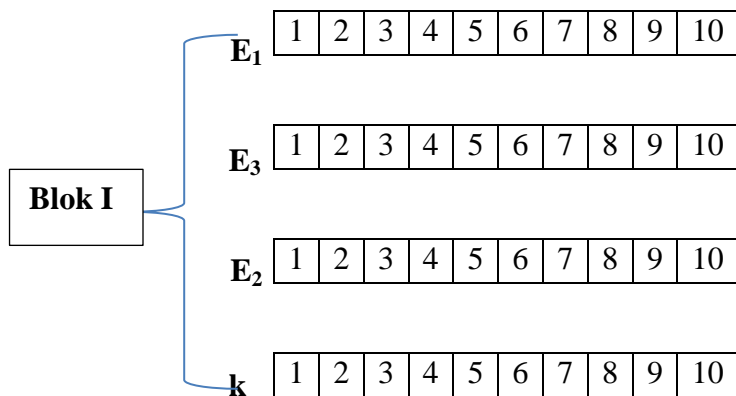
2. Variabel terikat : pertumbuhan dan produksi tanaman hidroponik kangkung darat

#### **F. Tabulasi Data**

Setiap data yang diperoleh, dimasukkan ke dalam tabel untuk mempermudah pengolahan data. Tabulasi data tinggi tanaman, jumlah daun, warna daun, lingkaran batang, berat basah tanaman serta berat kering tanaman kangkung dapat dilihat pada tabel terlampir (lampiran 1)

#### **G. Analisis Data**

Rancangan penelitian yang digunakan yaitu rancangan acak kelompok (RAK) satu faktor dengan tiga kali pengulangan. Untuk mengetahui pengaruh tegangan listrik pada metode elektrolisis dilakukan analisis uji ANOVA. Apabila hasilnya berpengaruh nyata maka dilakukan uji lanjut dengan uji Duncan.



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Kondisi Umum**

Secara umum, suhu dilokasi penelitian yaitu 25 - 26°C berdasarkan pengukuran menggunakan alat TDS meter. Pengukuran Kemasaman larutan nutrisi dalam bak penampung nutrisi yaitu menunjukkan pH 6,9 - 8. Kondisi tersebut cocok untuk pertumbuhan hidroponik kangkung. Pertumbuhan tanaman kangkung selama persemaian cukup baik dan merata. Kangkung yang sudah memiliki dua helai daun dan tinggi mencapai 5 cm sudah siap dipindahkan ke talang insalasi hidroponik.



(Gambar 4.1 penyemaian umur 8 hari)

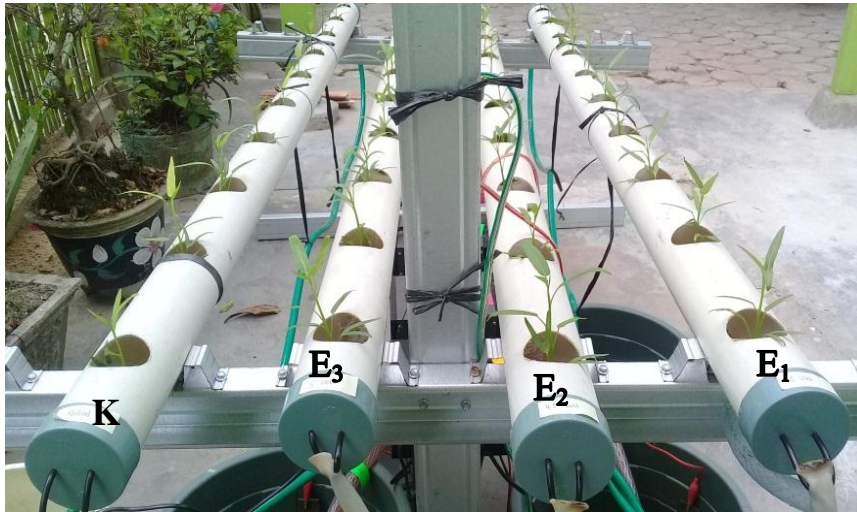
Dalam penelitian ini terdapat empat perlakuan dalam sistem tanam hidroponik kangkung yaitu :

1. Pemberian perlakuan elektrolisis dengan tegangan 6 volt ( $E_1$ )
2. Pemberian perlakuan elektrolisis dengan tegangan 4,5 volt ( $E_2$ )
3. Pemberian perlakuan elektrolisis dengan tegangan 3 volt ( $E_3$ )
4. Tanpa perlakuan elektrolisis ( sebagai kontrol) (K)



(Gambar 4.2 Rangkaian perlakuan elektrolisis)

Masing-masing berjumlah 10 tanaman sehingga semua tanaman yang digunakan sebagai sampel berjumlah 40 tanaman, dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut.



(Gambar 4.3 sampel tanaman kangkung berjumlah 40 tanaman)

Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah daun, lingkar batang, warna daun, berat basah tanaman dan berat kering tanaman kangkung. Selama penelitian ini tidak ada penyakit yang menyerang tanaman, namun ada hama yang menyerang tanaman kangkung yaitu belalang. Pengendalian hama belalang ini dilakukan dengan cara manual yaitu mengambilnya dengan tangan lalu dimusnahkan sehingga daun kangkung tidak dimakan belalang tersebut.

## **B. Tinggi Tanaman**

Pengukuran tinggi tanaman kangkung dilakukan setiap 2 hari sekali. Pengukuran tinggi tanaman kangkung dilakukan setelah masa penyemaian (8 hari penyemaian) hingga saat panen diusia ke 20 hari setelah tanam. Tinggi tanaman kangkung diukur dari roset akar sampai ujung bagian tanaman tertinggi dengan menggunakan mistar.



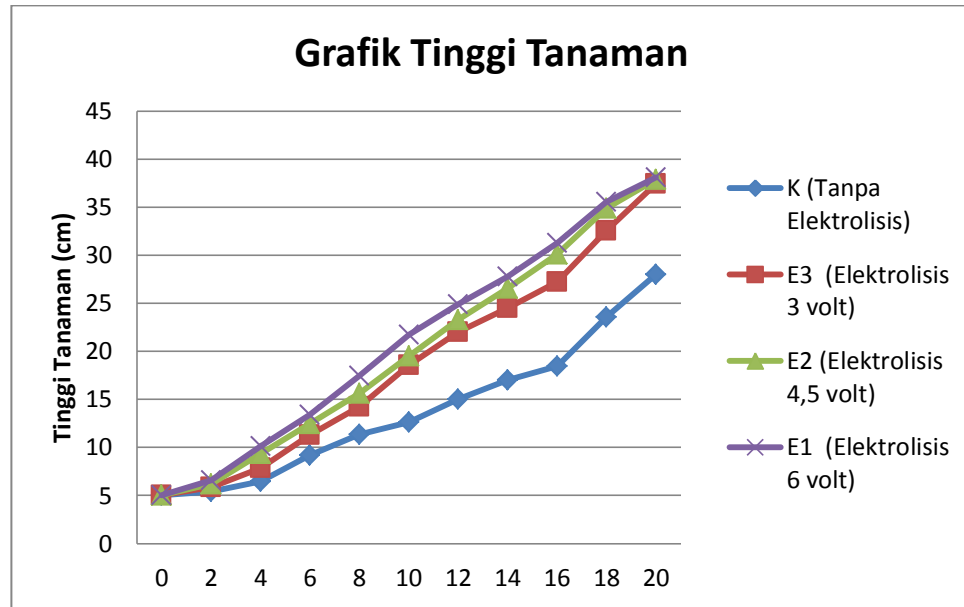


(Gambar 4.4 pengukuran tinggi kangkung)

Secara garis besar tinggi tanaman kangkung di hari ke 20 dapat dilihat pada gambar 4.4



(Gambar 4.5 Tinggi Tanaman Kangkung)



Gambar 4.5 Grafik Tinggi Tanaman Kangkung

Berdasarkan gambar 4.5, pola grafik menunjukkan perbedaan antara tanaman kangkung dengan perlakuan elektrolisis ( $E_1$ ,  $E_2$ , dan  $E_3$ ) terhadap tanaman kangkung tanpa elektrolisis. Pertumbuhan tinggi tanaman kangkung dengan perlakuan elektrolisis dihari ke 20 HST menunjukkan  $E_1$  memiliki tinggi tanaman paling tinggi. Pada tabel perhitungan rata-rata tinggi tanaman (lampiran 2), tanaman  $E_1$  memiliki tinggi mencapai 38,1 cm.

Hasil yang diperoleh pada uji ANOVA (lampiran 3), bahwa  $F_{hitung} = 14.154 > F_{tabel} = 4.757$  yang artinya variabel bebas berpengaruh terhadap variabel terikat. Sedangkan untuk nilai signifikansi yaitu  $0,000 < 0,05$ . Dengan demikian hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa variabel bebas berpengaruh terhadap variabel terikat yang artinya ada perbedaan rata-rata tinggi tanaman dengan



menggunakan kekuatan voltase yang berbeda. Penggunaan metode elektrolisis mempunyai pengaruh terhadap tinggi tanaman kangkung.

Perhitungan uji Duncan (lampiran 3) didapatkan hasil uji yang dapat disimpulkan bahwa kelompok yang paling baik secara statistik untuk meningkatkan tinggi tanaman adalah pada  $E_1$ . Kelompok yang kurang baik dalam meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman kangkung yaitu kelompok K. Berikut adalah urutan perlakuan paling baik untuk meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman kangkung yaitu  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$  dan K.

Hasil uji Anova menunjukkan tinggi tanaman pada perlakuan  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$  tidak signifikan karena tinggi tanaman hampir sama. Setelah dilakukan uji duncan diketahui bahwa hasil terbaik secara statistik yaitu pertumbuhan tinggi tanaman pada perlakuan elektrolisis dengan tegangan 6 volt ( $E_1$ ). Pada perlakuan  $E_1$  menghasilkan ion Fe yang dapat meningkatkan tinggi tanaman, sedangkan tanaman kangkung tanpa perlakuan elektrolisis kurang mengandung hara Fe sehingga pertumbuhan tinggi tanaman rendah.

Moreno dkk menjelaskan bahwa anoda besi menghasilkan ion  $Fe^{2+}$  pada proses elektrolisis, gelembung oksigen juga dihasilkan pada anoda dan gelembung hidrogen pada katoda yang kemudian hasilnya adalah penggumpalan.<sup>1</sup> Oleh karena itu dipisahkan dengan jembatan garam agar tidak terjadi penggumpalan, sehingga ion  $Fe^{2+}$  yang dihasilkan anoda dapat disalurkan ke tanaman. Diperkuat oleh penelitian Amalia T Sakya (2010), aplikasi penyemprotan Fe hingga 6 ppm meningkatkan

---

<sup>1</sup> Moreno et al. *Loc.Cit*

jumlah daun, tinggi tanaman, panjang tangkai dan jumlah stomata. Pertambahan tinggi tanaman disebabkan karena Fe merupakan penyusun enzim-enzim pada transpor elektron seperti sitokrom dan feredoksin yang aktif dalam fotosintesis dan dalam respirasi mitokondria<sup>2</sup>

Tinggi tanaman sangat dipengaruhi oleh proses metabolisme dalam tubuh tanaman itu sendiri dan erat kaitannya dengan konsentrasi unsur hara yang terlarut dalam nutrisi. Unsur hara makro harus terpenuhi oleh tumbuhan dan juga unsur hara mikropun menjadi hal yang perlu diperhatikan. Salah satu mineral mikro yang penting bagi tumbuhan adalah zat besi, karena berfungsi dalam membantu berjalannya proses fotosintesis. Unsur hara Fe didapat dari metode elektrolisis. Elektrolisis menghasilkan hara mikro yaitu besi dalam bentuk ion berupa  $Fe^{2+}$  yang siap diserap oleh tumbuhan<sup>3</sup>. Dzukri (2005), menyatakan bahwa ketersediaan hara mikro dan makro harus seimbang untuk mendapatkan pertumbuhan optimal tanaman kangkung<sup>4</sup>.

### C. Lingkar Batang

Pengukuran lingkar batang tanaman kangkung dilakukan setiap 2 hari sekali. Pengukuran lingkar batang tanaman kangkung dilakukan setelah masa penyemaian (8 hari penyemaian) hingga saat panen diusia ke 20 hari setelah tanam. Lingkar batang tanaman kangkung diukur dengan melingkarkan benang ke batang bagian tengah

---

<sup>2</sup> Amalia T Sakya dan Muji Rahayu, "Pengaruh Pemberian Unsur Mikro Besi (Fe) Terhadap Kualitas Anthurium," *Jurnal Agrosains*, 12.1 (2010), 29–33.

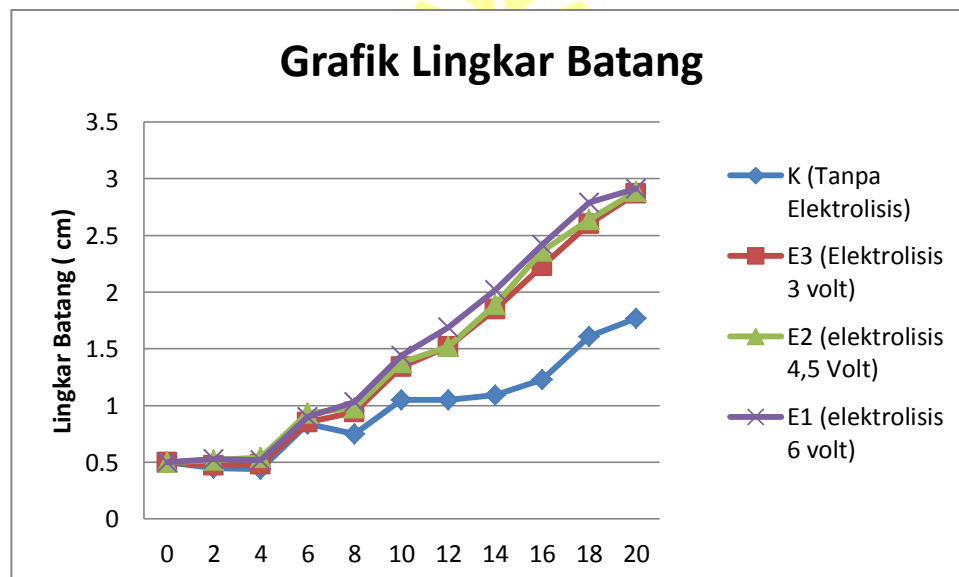
<sup>3</sup> Fatimah. *Loc. Cit*

<sup>4</sup> Djukri, "Pertumbuhan dan Produksi Kangkung pada Berbagai Dosis Hara Makro dan Mikro," *Enviro*, 5.1 (2005), 34–37.

kemudian panjang benang tersebut diukur menggunakan penggaris. Berikut gambar pengukuran lingkar batang tanaman.



(Gambar 4.7 pengukuran lingkar batang)



Gambar 4.8 Grafik Lingkar Batang Tanaman Kangkung

Berdasarkan gambar 4.8, pola grafik menunjukkan perbedaan antara tanaman kangkung dengan perlakuan elektrolisis ( $E_1$ ,  $E_2$ , dan  $E_3$ ) terhadap tanaman kangkung tanpa elektrolisis. Perbesaran lingkaran batang tanaman kangkung dengan perlakuan elektrolisis dihari ke 20 HST menunjukkan  $E_1$  memiliki lingkaran batang tanaman paling besar. Pada tabel perhitungan rata-rata lingkaran batang (lampiran 2),  $E_1$  memiliki besar lingkaran batang mencapai 2,91 cm.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada uji ANOVA (lampiran 3), dimana dilihat bahwa  $F_{hitung} = 5,549 > F_{tabel} = 4,757$  yang berarti variabel bebas berpengaruh terhadap variabel terikat. Sedangkan untuk nilai signifikan adalah  $0,000 < 0,05$ . Dengan demikian hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak, variabel bebas berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat. Hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan rata-rata lingkaran batang tanaman dengan menggunakan kekuatan voltase yang berbeda.

Setelah dilakukan uji Anova, selanjutnya dilakukan uji Duncan untuk mengetahui apakah data berbeda secara statistik atau tidak. Berdasarkan hasil uji Duncan (lampiran 3) dapat disimpulkan bahwa kelompok yang paling baik secara statistik untuk menghasilkan lingkaran batang tanaman adalah pada  $E_1$ , sedangkan lingkaran batang tanaman terkecil yaitu pada tanaman tanpa perlakuan elektrolisis. Berikut adalah urutan perlakuan paling baik untuk meningkatkan pertumbuhan lingkaran batang tanaman kangkung yaitu  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$  dan K.

Perbesaran batang dipengaruhi oleh bertambahnya tinggi tanaman yang disebabkan oleh 2 proses yaitu pembelahan sel dan pembesaran sel. Saat sel membesar dan mencapai ukuran maksimal lalu diikuti oleh pembelahan sel. Hasil

pengamatan lingkaran batang tanaman pada  $E_1$ ,  $E_2$ , dan  $E_3$ , menunjukkan perbedaan yang tipis. Kelompok  $E_1$  menghasilkan lingkaran batang lebih besar, sedangkan kelompok K kurang baik dalam menghasilkan pertumbuhan lingkaran batang. Karena dengan adanya arus listrik pada elektrolisis menyebabkan terbentuknya ion Ferro yang langsung dapat diserap oleh akar tanaman sehingga proses metabolisme tumbuhan dapat berjalan lancar seperti halnya pada pertumbuhan tinggi tanaman. Yamini Srivastava dkk (2014), dengan menaikkan kekuatan listrik maka hasil  $Fe^{2+}$  dari elektrolisis ditemukan meningkat secara linear.<sup>5</sup> Hasil yang terlihat bahwa penggunaan tegangan elektrolisis 6 volt ( $E_1$ ) lebih unggul. Serupa dengan pembahasan penulis, diperkuat oleh penelitian Orlando dkk (2016) yang menerapkan sistem Budaya Electro-Hydroponic yaitu penerapan medan listrik dalam larutan unsur hara hidroponik. Sistem tanam hidroponik ini terbukti meningkatkan pertumbuhan tanaman, berupa tinggi tanaman, lingkaran batang dan luas daun<sup>6</sup>. Adelia (2013), perlakuan media paitan + Fe menghasilkan diameter batang lebih besar pada tanaman bayam merah yaitu mencapai  $0,36 \text{ cm}^2$ .<sup>7</sup>

---

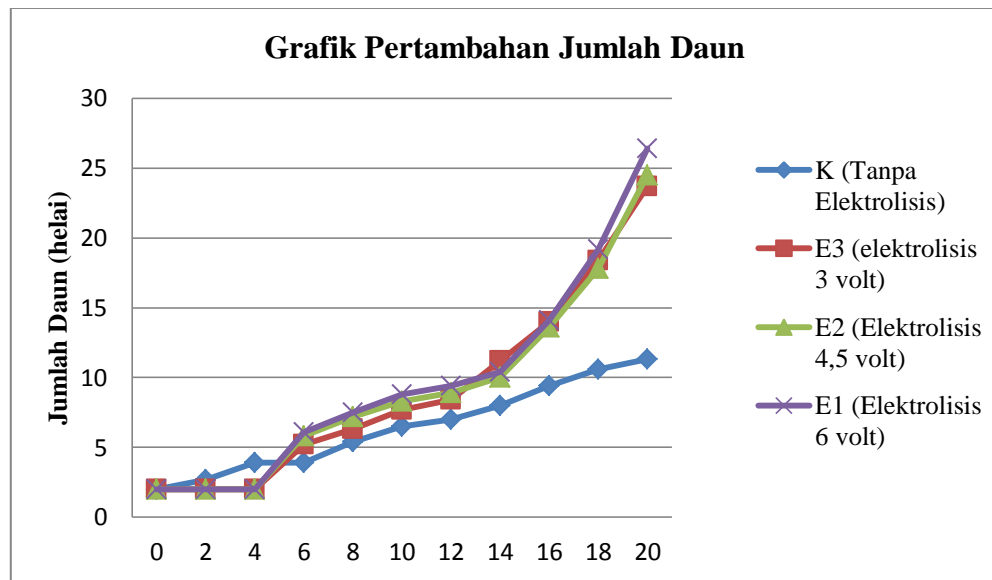
<sup>5</sup> Yamini Srivastava et al., "On the primary yield of radical products of anodic contact glow discharge electrolysis," *Indian Journal of Chemistry*, 53.1 (2014), 62–65.

<sup>6</sup> Fuentes Castaneda Orlando dan Dkk, "Effect of Electric Field on the Kinetics of Growth of Lettuce ( *Lactuca sativa* ) in a Hydroponic System," *Jurnal of Agricultural Chemistry and Enviroment*, 5 (2016), 113–20.

<sup>7</sup> Prita Fatma Adelia dan Dkk, "Pengaruh Penambahan Unsur Hara Mikro ( Fe Dan Cu ) Dalam Media Paitan Cair Dan Kotoran Sapi Cair Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Bayam Merah ( *Amaranthus Tricolor L.* ) Dengan Sistem Hidroponik Rakit Apung" *Jurnal Produksi Tanaman*, 1.3 (2013), 48–58.

#### D. Jumlah Helai Daun

Jumlah helai daun tanaman kangkung dihitung setiap 2 hari sekali. Penghitungan jumlah helai daun tanaman kangkung dilakukan setelah masa penyemaian (8 hari penyemaian) hingga saat panen diusia ke 20 hari setelah tanam. Daun kangkung yang belum membuka sempurna belum dihitung. Hasil pertambahan jumlah helai daun tanaman kangkung ditampilkan pada grafik 4.9



Gambar 4.9 Grafik Banyak Daun Tanaman Kangkung

Berdasarkan gambar 4.9, pola grafik menunjukkan perbedaan antara tanaman kangkung dengan perlakuan elektrolisis ( $E_1$ ,  $E_2$ , dan  $E_3$ ) terhadap tanaman kangkung tanpa elektrolisis. Pertumbuhan helai daun tanaman kangkung dengan perlakuan elektrolisis dihari ke 20 HST menunjukkan  $E_1$  memiliki helai daun lebih banyak. Pada hasil perhitungan rata-rata jumlah daun (lampiran 2), bahwa  $E_1$  memiliki jumlah helai daun sebanyak 12,7 helai.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada uji ANOVA (lampiran 3), dimana terlihat bahwa  $F_{hitung} = 897,717 > F_{tabel} = 4,757$ . Sedangkan hasil yang diperoleh dari uji anova dengan taraf signifikan 0,05 menunjukkan bahwa dimana nilai signifikan =  $0,000 < 0,05$  yang artinya variabel bebas berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat. Hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan rata-rata banyak daun tanaman menggunakan elektrolisis dengan tanaman tanpa menggunakan elektrolisis.

Berdasarkan hasil uji Duncan (lampiran 3) dapat disimpulkan bahwa kelompok yang paling baik secara statistik untuk meningkatkan jumlah daun tanaman kangkung adalah pada perlakuan  $E_1$ . Kelompok yang kurang baik dalam meningkatkan pertumbuhan jumlah daun tanaman kangkung yaitu kelompok K. Sehingga urutan perlakuan paling baik pertumbuhan banyak daun tanaman kangkung yaitu  $E_1, E_2, E_3$  dan K.

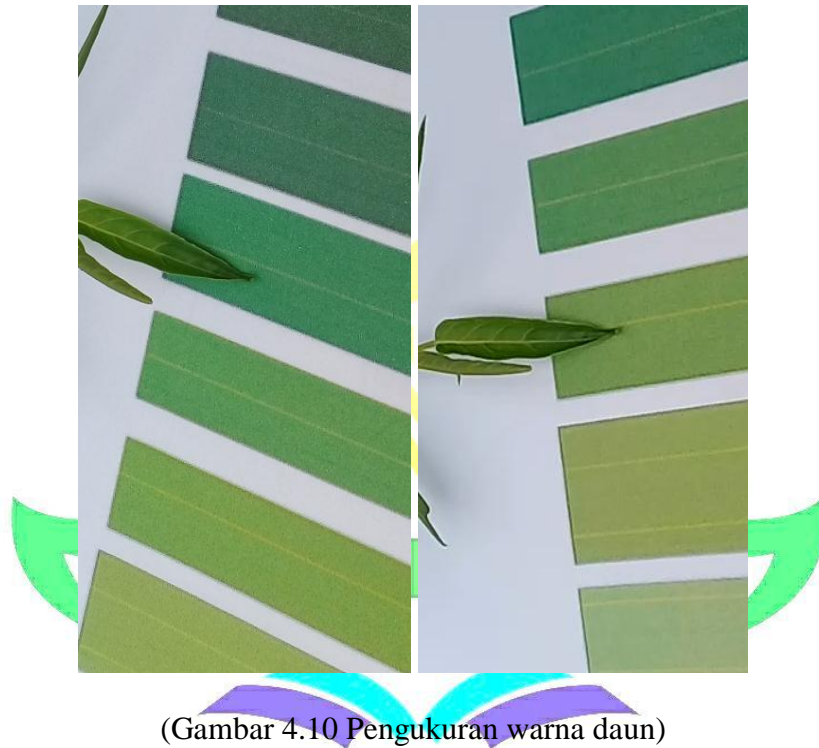
Kekurangan unsur hara Zn, Mn, Fe, Mo, dan B dapat mempengaruhi pertumbuhan vegetatif tanaman khususnya jumlah daun dan panjang daun. Elektrolisis menghasilkan  $Fe^{2+}$  yang mampu meningkatkan jumlah daun seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya pada pertumbuhan tinggi tanaman dan lingkaran batang tanaman kangkung.  $Fe^{2+}$  yang terkandung dalam tanaman akan meningkatkan aktifitas fotosintesis dalam tanaman kangkung dan hasil dari fotosintesis digunakan sebagai sumber makanan dan energi untuk meningkatkan pertumbuhan serta perkembangan organ tanaman. Diperkuat oleh Amalia (2010), pemberian Fe hingga 6



ppm meningkatkan tinggi tanaman, panjang tangkai, jumlah daun, luas daun dan warna daun pada tanaman dibandingkan tanpa penambahan Fe<sup>8</sup>.

#### **E. Warna Daun**

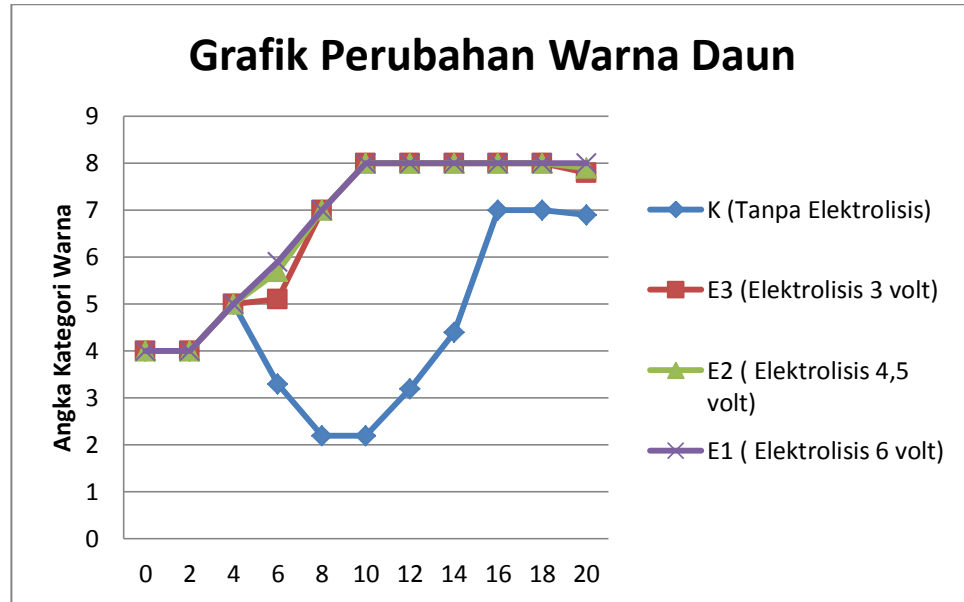
Warna daun tanaman kangkung diamati 2 hari sekali dimulai setelah masa penyemaian (8 hari penyemaian) hingga saat panen diusia ke 20 hari setelah tanam. Pengamatan warna daun kangkung dilakukan menggunakan indikator bagan warna daun yang dirancang menggunakan Adobe photoshop (gambar 4.10).



Hasil perubahan warna daun tanaman kangkung selama 20 hst dapat ditampilkan pada grafik 4.11

---

<sup>8</sup> Sakya dan Rahayu. *Loc.Cit*



Gambar 4.11 Grafik Warna Daun Tanaman Kangkung

Berdasarkan gambar 4.11, pola grafik menunjukkan perbedaan antara tanaman kangkung dengan perlakuan elektrolisis ( $E_1$ ,  $E_2$ , dan  $E_3$ ) terhadap tanaman kangkung tanpa elektrolisis. Perubahan warna daun tanaman kangkung dengan perlakuan elektrolisis dihari ke 2 HST - 20 HST menunjukkan nilai  $E_1$  lebih unggul dan stabil, sedangkan warna daun pada kelompok kontrol perubahannya tidak stabil. Pada hasil pengamatan rata-rata warna daun (lampiran 2),  $E_1$  memiliki warna daun dengan index angka 8.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada uji ANOVA (lampiran 3), dimana dilihat bahwa  $F_{hitung} = 115,5 > F_{tabel} = 4,757$  yang berarti  $H_0$  ditolak dan menerima  $H_a$ . Sedangkan hasil yang diperoleh dari uji anova dengan taraf signifikan 0,05 menunjukkan bahwa dimana nilai signifikan=  $0,000 < 0,05$  jadi variabel bebas

berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat. Hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan rata-rata warna daun tanaman dengan menggunakan elektrolisis dan tanaman tanpa menggunakan elektrolisis.

Perhitungan uji Duncan (lampiran 3) dapatkan hasil bahwa pertumbuhan tanaman yang paling baik secara statistik dalam membentuk warna daun tanaman adalah pada  $E_1$ , sedangkan kelompok yang kurang baik dalam menghasilkan warna daun tanaman kangkung yaitu kelompok K. Berikut adalah urutan perlakuan paling baik untuk meningkatkan warna daun tanaman kangkung yaitu  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$  dan K.

Hasil rata-rata perlakuan elektrolisis hampir terlihat sama warna hijaunya sehingga sulit dibedakan untuk menentukan tegangan optimum dalam pembentukan warna daun terbaik, namun terlihat warna daun paling unggul yaitu pada daun kelompok  $E_1$ . Fe berhubungan dengan kandungan klorofil sehingga turut mempengaruhi warna daun. Fe mempunyai peranan dalam pembentukan molekul-molekul klorofil, sehingga dengan ketersediaan Fe yang optimum maka aktifitas fotosintesis akan meningkat. Amalia (2010), penambahan Fe 6 ppm menghasilkan warna daun lebih hijau dibandingkan tanpa penambahan Fe<sup>9</sup>.

Grafik warna daun pada tanaman tanpa perlakuan elektrolisis diusia 4 HST – 10 HST menunjukkan penurunan warna daun menjadi hijau kekuning-kuningan bahkan hijau-putih. Hal ini merupakan gejala kekurangan unsur Fe sehingga daun tidak berwarna hijau bahkan dapat menunjukkan gejala kematian jaringan dan

---

<sup>9</sup> Sakya dan Rahayu. “Pengaruh Pemberian Unsur Mikro Besi (Fe) Terhadap Kualitas Anthurium,” *Jurnal Agrosains*, 12.1 (2010), 29–33.

kekerdilan. Frank Salisbury (Fisiologi Tumbuhan, *jilid 1*), gejala kekurangan Fe muncul pada daun muda, daun nampak pucat. Pada 12 HST sampai 20 HST warna daun perlahan hijau walaupun tidak sehiiau E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, dan E<sub>3</sub>. Kekurangan hara Fe dapat sedikit ditolong oleh keberadaan unsur N yang merupakan unsur hara makro. Unsur hara N (nitrogen) berperan dalam pembentukan berbagai senyawa seperti asam amino, asam nukleat, protein dan klorofil. Gejala defisiensi N juga menyerupai gejala defisiensi Fe yaitu klorosis (hijau pucat sampai kuning)<sup>10</sup>. Pengamatan warna daun disini menggunakan bagan warna daun (BWD) dengan cara mencocokkan daun secara manual sehingga akan diperkuat oleh uji kandungan klorofil.

Hasil pengamatan warna daun yang dilakukan menggunakan bagan warna daun (BWD) diperkuat oleh uji kandungan klorofil, pengukuran kandungan klorofil daun dilakukan satu kali setelah tanam dengan menggunakan SPAD-502 klorofil meter.



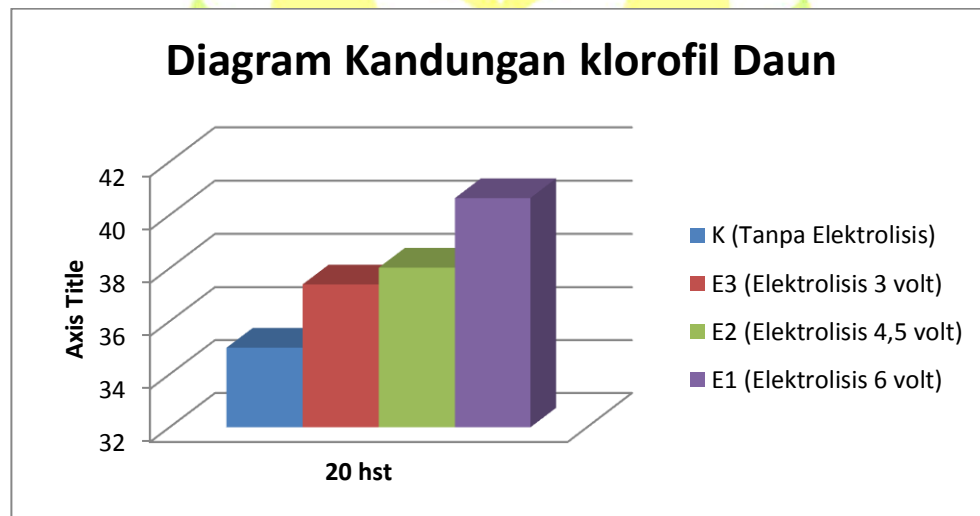
---

<sup>10</sup> Sitompul. *Op.Cit.* h.8



Gambar 4.12. Mengukur Jumlah Klorofil Daun

Hasil uji kandungan klorofil (Lampiran 3) terlihat bahwa kandungan klorofil daun terbanyak ada pada perlakuan elektrolisis dengan tegangan 6 volt. Untuk memberikan gambaran perbedaan kandungan klorofil daun pada kangkung berikut adalah diagram jumlah klorofil daun tanaman kangkung dihari ke 20 HST.



Gambar 4.13 Diagram jumlah klorofil daun

Berdasarkan gambar 4.13, pola diagram batang menunjukkan perbedaan antara tanaman kangkung dengan perlakuan elektrolisis ( $E_1$ ,  $E_2$ , dan  $E_3$ ) terhadap tanaman kangkung tanpa elektrolisis. Banyaknya jumlah klorofil daun tanaman kangkung dengan perlakuan elektrolisis dihari ke 20 HST menunjukkan  $E_1$  memiliki jumlah klorofil daun lebih banyak.

Unsur mikro besi (Fe) merupakan salah satu unsur hara yang sangat penting bagi tanaman, karena unsur Fe diperlukan tanaman dalam proses sintesis klorofil serta berperan penting dalam proses transfer energi, merupakan bagian dari beberapa enzim dan protein serta berfungsi dalam respirasi dan metabolisme tanaman juga terlibat dalam fiksasi nitrogen. Walaupun besi diperlukan dalam jumlah sedikit oleh tanaman, namun bila unsur ini tidak terpenuhi oleh tanaman maka tanaman akan menunjukkan gejala abnormalitas yang diawali dengan menguningnya daun daun muda yang kemudian diikuti dengan kematian jaringan (klorosis). Gejala ini terlihat pada daun tanaman kangkung tanpa perlakuan elektrolisis yaitu daun berwarna kekuningan, artinya kurang kandungan klorofil di dalam tanaman kangkung tersebut. D.Iryani (2014), menjelaskan bahwa warna hijau daun berhubungan erat dengan keberadaan kandungan klorofil dalam suatu tanaman. Salah satu sayuran yang diteliti adalah kangkung, kangkung merupakan salah satu tanaman sayur yang memiliki kandungan klorofil cukup tinggi yaitu kisaran 1.847 mg/g.<sup>11</sup> Kandungan klorofil merupakan salah satu kriteria penting pada tanaman untuk menentukan kandungan zat gizi yang terdapat pada sayuran daun. Fe turut mempengaruhi warna daun karena

---

<sup>11</sup> Iriyani dan Nugrahani. *Op Cit*

berhubungan dengan klorofil. Amalia (2010), penambahan Fe pada tanaman Anthurium menghasilkan warna daun lebih hijau dibandingkan tanpa penambahan Fe.<sup>12</sup>

#### **F. Berat Basah Tanaman**

Berat basah tanaman kangkung ditimbang saat panen umur 20 hst. Penimbangan berat basah tanaman kangkung dilakukan pagi hari setelah panen dalam keadaan masih basah segar (ditampilkan pada gambar 4.7)



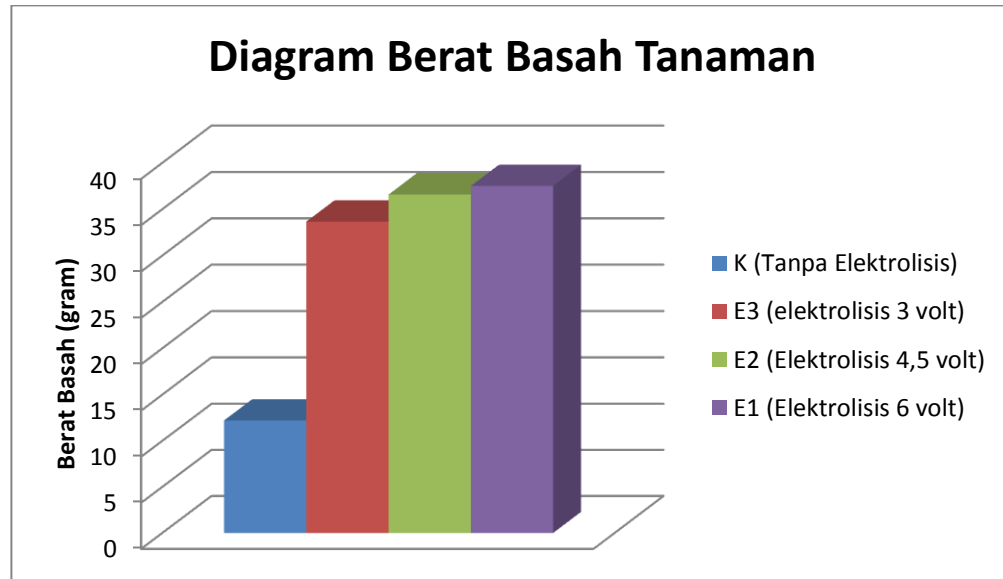
(Gambar 4.14 Penimbangan Berat Basah)

Untuk memberikan gambaran perbedaan jumlah berat kering tanaman berikut adalah diagram perbedaan berat basah tanaman kangkung diusia 20 hst.

---

<sup>12</sup> Sakya dan Rahayu. *Loc.Cit*





Gambar 4.15 Diagram Berat Basah Tanaman Kangkung

Dari gambar 4.15 terlihat bahwa berat basah tanaman kangkung yang terbesar adalah pada E<sub>1</sub> dengan rata-rata berat sebesar 37,517 gram. Berat basah tanaman terendah yaitu pada tanaman tanpa perlakuan elektrolisis dengan rata-rata berat sebesar 12,22 gram.

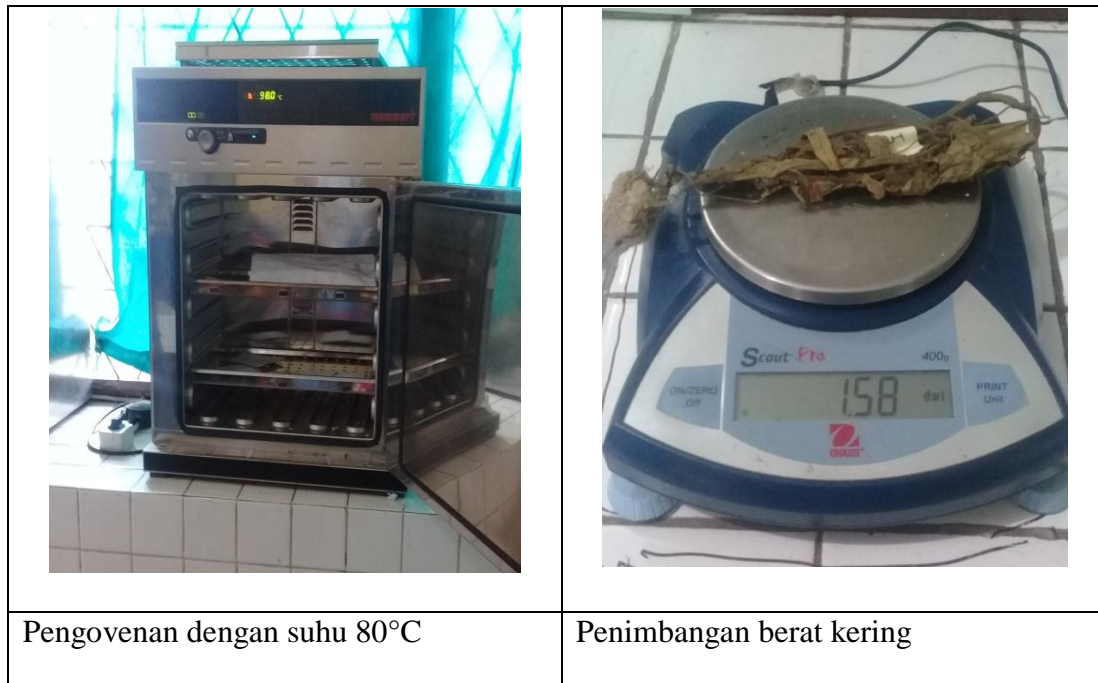
Berdasarkan hasil yang diperoleh pada uji ANOVA ( lampiran 3), dimana nilai  $F_{hitung} = 88542 > F_{tabel} = 4,757$  dan dengan taraf signifikan 0,05 menunjukkan bahwa nilai signifikan = 0,001 < 0,05 jadi hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan rata-rata banyak daun tanaman dengan menggunakan kekuatan voltase yang berbeda. Tabel hitungan uji Anova menggunakan SPSS versi 16.0 ada pada lampiran 4. Setelah dilakukan uji Anova selanjutnya dilakukan uji Duncan untuk mengetahui apakah data berbeda secara statistik atau tidak. Berdasarkan hasil uji Duncan (lampiran 3), dapat disimpulkan

bahwa kelompok yang paling baik secara statistik untuk meningkatkan berat basah tanaman adalah pada perlakuan elektrolisis menggunakan tegangan 6 volt, berat basah terendah yaitu pada tanaman tanpa perlakuan elektrolisis. Berikut adalah urutan perlakuan paling baik berat basah tanaman kangkung yaitu  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$  dan K.

Berat basah berhubungan dengan kemampuan tanaman dalam menyerap air pada media tanaman. Berat basah tanaman kangkung dipengaruhi oleh tinggi tanaman, lingkaran batang, dan jumlah daun tanaman, sehingga semakin besar tanaman semakin berat karena menyimpan air lebih banyak. Hal ini yang menyebabkan tanaman kangkung menggunakan elektrolisis 6 volt lebih berat, karena pertumbuhan kangkung pada perlakuan tersebut memiliki cabang dan menghasilkan daun lebih banyak sehingga akan menyimpan air lebih banyak. Rendahnya berat basah tanaman karena kurangnya unsur hara pada media tanam yang menyebabkan tanaman tidak tumbuh normal sehingga akan mempengaruhi berat kering tanaman. Oleh karena itu perlu dilakukan berat kering tanaman untuk mendapatkan berat tanaman sesungguhnya yang konstan.

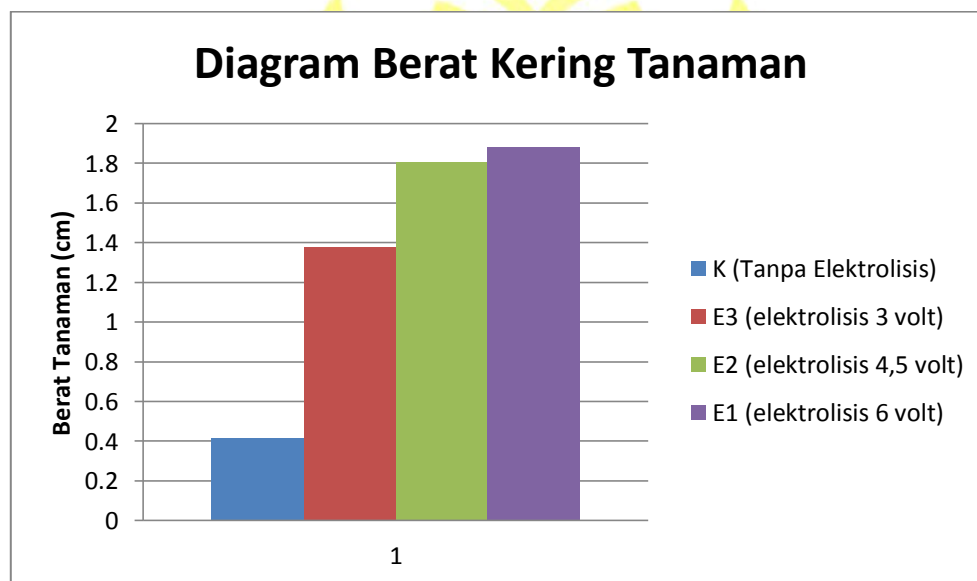
#### **G. Berat Kering Tanaman**

Berat kering tanaman kangkung ditimbang dalam kondisi kering yaitu setelah melalui masa pengovenan selama 2x24 jam dalam suhu 80°C. Penimbangan berat kering tanaman kangkung dilakukan setelah panen melalui pengeringan di bawah sinar matahari selama sehari setelah itu dioven selama 2X24 jam dengan suhu 80°C.



Gambar 4.16 Pengovenan dan Penimbangan berat kering

Untuk memberikan gambaran perbedaan jumlah berat kering tanaman berikut adalah diagram perbedaan berat basah tanaman kangkung diusia 20 hst.



Gambar 4.17 Diagram Berat Kering Tanaman Kangkung

Dari tabel gambar 4.17 terlihat bahwa berat kering tanaman kangkung yang tertinggi adalah perlakuan elektrolisis menggunakan tegangan 6 volt dengan rata-rata berat kering sebesar 1,881 gram. Berat kering terendah terlihat pada tanaman tanpa perlakuan elektrolisis yaitu dengan rata-rata berat 0,413 gram.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada uji ANOVA (lampiran 2), dimana dilihat bahwa  $F_{hitung} = 363,54 > F_{tabel} = 4,757$  dan nilai signifikan  $0,000 < 0,05$  yang berarti  $H_0$  ditolak dan menerima  $H_a$ . Hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan rata-rata berat kering tanaman dengan menggunakan kekuatan voltase yang berbeda. Setelah dilakukan uji Anova, selanjutnya dilakukan uji Duncan untuk mengetahui apakah data berbeda secara statistik atau tidak. Berdasarkan hasil uji Duncan (lampiran 3) dapat disimpulkan bahwa kelompok yang paling baik secara statistik untuk menghasilkan berat kering tanaman yaitu pada perlakuan elektrolisis menggunakan tegangan 6 volt, sedangkan berat kering terendah terdapat pada tanaman tanpa perlakuan. Berikut adalah urutan perlakuan paling baik untuk meningkatkan pertumbuhan berat kering tanaman kangkung yaitu  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$  dan K.

Unsur hara dalam bentuk yang tersedia akan lebih cepat diserap oleh tanaman yang kemudian digunakan dalam proses metabolisme sehingga akan meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Gejala yang terlihat saat kekurangan hara meliputi terhambatnya pembentukan akar, batang dan daun sehingga akan mempengaruhi berat basah dan berat kering tanaman<sup>13</sup>. Berat kering tanaman merupakan volume tanaman yang sesungguhnya, merupakan hasil dari berat basah

---

<sup>13</sup> Setyamidjaja, *Pupuk dan Pemupukan*, (Jakarta:CV. Simplex, 1986)

tanaman yang dikeringkan dalam waktu tertentu. Berat kering tanaman sering disebut juga biomassa tanaman, karena merupakan berat konstan suatu tanaman. Tingginya berat kering tanaman menunjukkan hasil produksi yang baik pada suatu tanaman. M.Sardare (2013) mengadopsi budidaya tanaman secara hidroponik membantu meningkatkan hasil dan kualitas produk sehingga dapat dijamin keamanan pangan suatu negara. Ditambah lagi harapan untuk masa depan bahwa hidroponik mampu berkolaborasi dengan perkembangan teknologi sehingga dapat menciptakan hasil produksi yang menjajikan<sup>14</sup>. Hasil penelitian ini berat kering tanaman kangkung terendah yaitu pada kelompok kontrol dengan berat 0,413 gram dan berat kering yang unggul yaitu pada perlakuan 6 volt dengan berat 1,881 gram sehingga dapat dikatakan produksi kangkung meningkat menggunakan elektrolisis.

#### **H. Implementasi Dalam Pembelajaran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan judul Pengaruh Metode Elektrolisis Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Hidroponik Kangkung, dapat diimplementasikan dalam pembelajaran biologi kelas XII semester 1 yaitu pada materi Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan. Penggunaan metode elektrolisis dalam penanaman hidroponik kangkung mengajarkan siswa untuk mengenal perkembangan teknologi dalam bidang pertanian dan mencintai tumbuhan, dengan demikian peserta didik akan aktif mengamati pertumbuhan tanaman tersebut.

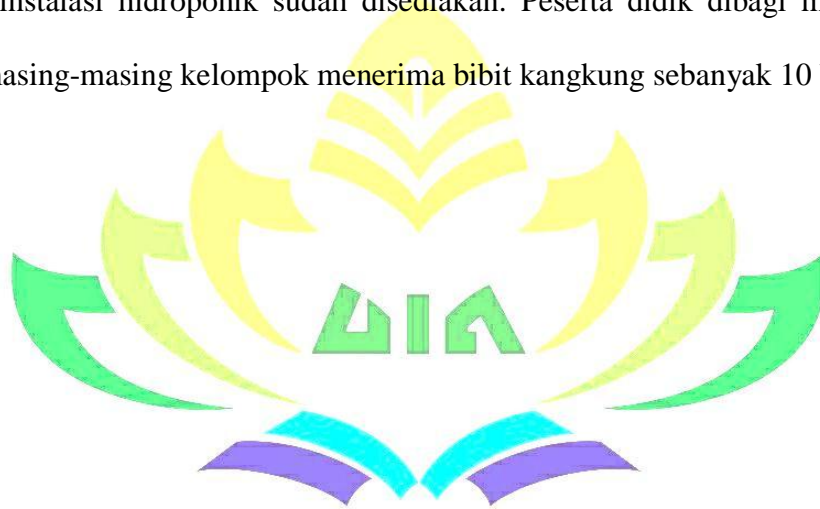
Kegiatan pendidikan hendaknya bersifat menyeluruh dan tidak hanya sebatas penyampaian materi, akan tetapi dilengkapi dengan kegiatan yang dapat

---

<sup>14</sup> Sardare dan Admane.*Op.Cit*

menghantarkan peserta didik untuk mengenal potensi dirinya. Memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengalami sendiri melalui pengamatan dan percobaan yang berkaitan dengan materi yang disampaikan merupakan salah satu proses pembelajaran yang dapat mengembangkan keterampilan dan kreatifitas peserta didik.

Penggunaan metode elektrolisis terhadap penanaman secara hidroponik dapat digunakan sebagai rancangan praktikum mengenai faktor luar yang mempengaruhi proses pertumbuhan dengan topik “Pengaruh Metode Elektrolisis Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Hidroponik Kangkung”. Dalam praktikum ini menggunakan elektrolisis (3 volt, 4,5 volt, 6 volt) dan tanpa elektrolisis. Alat dan bahan serta instalasi hidroponik sudah disediakan. Peserta didik dibagi menjadi 4 kelompok, masing-masing kelompok menerima bibit kangkung sebanyak 10 benih.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan dari hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa hasil pertumbuhan dan produksi tanaman hidroponik kangkung dengan elektrolisis ( $E_1, E_2, E_3$ ) lebih baik dibandingkan tanpa perlakuan elektrolisis. Elektrolisis menggunakan tegangan 6 volt ( $E_1$ ) optimum dalam meningkatkan tinggi tanaman, banyak daun, lingkaran batang, warna daun, berat basah tanaman dan berat kering tanaman.

#### **B. Saran**

Berdasarkan kesimpulan sebagaimana diuraikan diatas, sebagai penutup skripsi ini penulis samapikan saran sebagai berikut:

1. Kepada guru biologi khususnya Sekolah Menengah Atas agar dapat menerapkan pembelajaran diluar kelas agar siswa mampu menggali potensi diri dan mendapatkan pengetahuan yang luas.
2. Kepada peneliti selanjutnya diharapkan dapat menerapkan tanaman sayur jenis lain selain kangkung dan mudah-mudahan skripsi ini bisa bermanfaat untuk referensi bagi penulis skripsi selanjutnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adelia, Prita Fatma, dan Dkk, “Pengaruh Penambahan Unsur Hara Mikro ( Fe Dan Cu ) Dalam Media Paitan Cair Dan Kotoran Sapi Cair Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Bayam Merah ( *Amaranthus Tricolor L .*),” *Jurnal Produksi Tanaman*, 1 (2013), 48–58
- Akasiska, Romana, “Pengaruh Konsentrasi Nutrisi Dan Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Sawi Pakcoy (*Brassica Parachinensis*) Sistem Hidroponik Vertikultur,” *Jurnal Inovasi Pertanian*, 13 (2014), 46–61
- Bachri, Zekky, *Kangkung Hidroponik* (Jakarta: Penebar Swadaya, 2017)
- Brown, Theodore L, dan Et.al, *Chemistry* (America: Pearson Prentice Hall, 2009)
- Budiana, N.S, *Memupuk Tanaman Hias* (Jakarta: Penebar Swadaya, 2008)
- Chang, Raymond, *Chemistry 10th Edition*, 10th Editi (Thomas D. Timp, 2010)
- , *Kimia Dasar Jilid 2* (Jakarta: Erlangga, 2005)
- Dianawati, Novi, “Penentuan Kadar Besi Selama Fase Pematangan Padi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis,” *Jurnal SAINSDAN SENI ITS*, 4 (2015), 35–38
- Djukri, “Pertumbuhan dan Produksi Kangkung pada Berbagai Dosis Hara Makro dan Mikro,” *Enviro*, 5 (2005), 34–37
- Edi, Syafri, dan Julistia Bobihoe, *Budidaya Tanaman Sayuran* (Jambi: Balai Pengkaji Teknologi, 2010)
- Fatimah, Siti, “Optimasi Ph Dan Hidrogen Peroksida Pada Proses Elektrokolorisasi Rodamin B,” *The 3rd Universty Research Colloquium*, 2016, 47–55
- Hanafiah, Kemas Ali, *Dasar-dasar Ilmu Tanah* (Jakarta: Rajawali Pers, 2009)
- Iriyani, Dwi, dan Pangesti Nugrahani, “Kandungan Klorofi, Karotenoid, dan Vitamin C Beberapa Jenis Sayuran Daun pada Pertanian Periurban di Kota Surabaya,” *Jurnal Matematika, Sains, dan Teknologi*, 15 (2014), 84–90

Kaligius, Jenny RE, *Buku Materi Pokok Biologi 1* (Jakarta: Karunika Jakarta Universitas Terbuka, 1986)

Kartasaputra, Ance G, *Teknologi Benih* (Jakarta: Rineka Cipta, 1992)

Lakitan, Benyamin, *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan* (Jakarta: Rajawali Pers, 2011)

Laksanawati, Anna, dan H.Dibiyantoro, *Rampai - Rampai Kangkung*, 1996

Mas'ud, Hidayati, "Sistem hidroponik dengan nutrisi dan media tanam berbeda terhadap pertumbuhan dan hasil selada," *Media Litbang Sulteng*, 2 (2009), 131–36

Moreno, H.A.C., D.L. Cocke, J.A.G. Gomes, P. Morkovsky, J.R. Parga, E. Peterson, et al., "Electrochemistry behind Electrocoagulation using Iron Electrodes," *ECS Transactions*, 6 (2007), 1–15 <<https://doi.org/10.1149/1.2790397>>

Nugroho, Panji, *Panduan Membuat Pupuk Kompos Cair* (Jakarta: Pustaka Baru Press)

Orlando, Fuentes Castaneda, dan Dkk, "Effect of Electric Field on the Kinetics of Growth of Lettuce ( *Lactuca sativa* ) in a Hydroponic System," *Jurnal of Agricultural Chemistry and Enviroment*, 5 (2016), 113–20

Rosanti, Dewi, *Morfologi Tumbuhan* (Jakarta: Erlangga, 2013)

Rosmarkam, Afandie, *Ilmu Kesuburan Tanah* (Yogyakarta: PT Kanisius, 2002)

Sakya, Amalia T, dan Muji Rahayu, "Pengaruh Pemberian Unsur Mikro Besi (Fe) Terhadap Kualitas Anthurium," *Jurnal Agrosains*, 12 (2010), 29–33

Salisbury, Frank, *Fisiologi Tumbuhan* (Bandung: Penerbit ITB, 1995)

Sardare, Mamta D, dan Shraddha V Admane, "A Review On Plant Without Soil - Hydroponis," 2 (2013), 299–304

Satriananda, "Penyisihan Besi (Fe) dalam Air Dengan Proses Elektrokoagulasi," *Jurnal Reaksi*, 7 (2011), 1–6

Setyamidjaja, *Pupuk dan Pemupukan*, (Jakarta:CV. Simplex, 1986)

Sitompul, "Nutrisi Tanaman: Diagnosis Defisiensi Nutrisi Tanaman," *Modul*, 2015

Srivastava, Yamini, Shilpi Jaiswal, Om Prakash Singh, dan Susanta K. Sen Gupta, "On the primary yield of radical products of anodic contact glow discharge electrolysis," *Indian Journal of Chemistry*, 53 (2014), 62–65

SYL, Isana, "Perilaku Sel Elektrolisis Air dengan Elektroda Stainless Steel," *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia* (Yogyakarta, 30 Oktober 2010) <[www.kimia.uny.ac.id](http://www.kimia.uny.ac.id)>

Syukri, S, *Kimia Dasar 2* (Bandung: ITB, 1999)

Tempomona, Yosep, Johnly A Rorong, dan Audy D Wuntu, "Fotoreduksi Besi Fe 3 + Menggunakan Ekstrak Limbah Daun , Kulit , dan Cangkang Biji Pala ( *Myristica fragrans* )," *Jurnal MIPA UNSRAT ONLINE*, 4 (2015), 46–50



**RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN**  
**(RPP)**

**Sekolah** : SMA Negeri 1 Tanjung Raya  
**Kelas/Semester** : XII/I  
**Mata Pelajaran** : Biologi  
**Topik** : Pertumbuhan dan Perkembangan  
**Alokasi Waktu** : 3 x 45 menit

**A. Kompetensi Inti :**

1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia
3. Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait

penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.

4. Mengolah, menalar, menyaji, dan mencipta dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri serta bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan

## **B. Kompetensi Dasar**

- 4.1 Merencanakan dan melaksanakan percobaan tentang faktor luar yang memengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman, dan melaporkan secara tertulis dengan menggunakan tatacara penulisan ilmiah yang benar

## **C. Indikator:**

- 4.1.1 Membuat rancangan percobaan tentang pengaruh faktor luar terhadap proses pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.
- 4.1.2 Melakukan percobaan tentang pengaruh faktor luar terhadap proses pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan
- 4.1.3 Menganalisa data hasil percobaan sesuai kaidah keilmuan
- 4.1.4 Menyajikan laporan hasil percobaan

#### **D. Tujuan Pembelajaran**

Setelah melakukan kegiatan pembelajaran diharapkan :

1. Siswa dapat membuat rancangan percobaan tentang pengaruh faktor luar terhadap proses pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan
2. Siswa dapat melakukan percobaan tentang pengaruh faktor luar terhadap proses pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan
3. Melalui percobaan siswa dapat menyajikan dan mengkomunikasikan data hasil percobaan
4. Melalui diskusi siswa dapat mengkomunikasikan factor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan
5. Siswa dapat menyajikan laporan hasil percobaan.

#### **E. Materi ajar**

Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan

#### **F. Metode Pembelajaran**

Metode : diskusi, eksperimen

#### **G. Langkah-langkah Kegiatan**

##### **a. Kegiatan Pendahuluan**

- Mengucapkan salam.
- Membuka pelajaran dengan mengucap “Basmallah”
- Mengabsen kehadiran peserta didik
- Apersepsi dan motivasi
- Menyampaikan tujuan pembelajaran

### **b. Kegiatan inti**

- Guru menjelaskan materi pertumbuhan dan perkembangan
- Guru meminta peserta didik berkumpul dalam kelompok yang sudah dibentuk pertemuan sebelumnya terdiri dari 4 kelompok dan membagikan LKS per kelompok
- Guru menjelaskan prosedur kerja dalam percobaan hidroponik kangkung menggunakan elektrolisis sesuai dengan LKS
- Masing-masing kelompok melakukan percobaan sesuai dengan lembar kerja siswa dengan benar
- Guru membimbing peserta didik dalam melakukan percobaan
- Peserta didik mengkaji hasil kerja ilmiah dan melakukan pengamatan selama satu minggu.
- Melalui buku sumber peserta didik dapat mengolah data hasil eksperimen yang dilakukan dan penyusunan hasil percobaan
- Melaporkan hasil percobaan melalui presentasi di depan kelas dan dalam bentuk laporan tertulis.

### **c. Penutup**

- Guru dan peserta didik memberikan kesimpulan terhadap pembelajaran
- Guru mengakhiri pembelajaran dengan salam

### **H. Sumber Belajar**

- Lingkungan sekitar
- LKS



- Buku Biologi XII Erlangga
- Internet

## I. Penilaian

Teknik	Bentuk Instrumen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Non tes</li> <li>• Tes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lembar penilaian kinerja</li> <li>• Uraian</li> </ul>

## Instrumen Penilaian

### Lembar Pegamatan Kinerja dalam Presentasi

No	Aspek yang dinilai	3	2	1	Keterangan
1	Konsep materi dalam presentasi				
2	Kelancaran dalam presentasi				
3	Menjawab pertanyaan yang diajukan				

### Rubrik penilaian kinerja

No	Aspek yang dinilai	Rubrik
1	Konsep materi dalam presentasi	<p>3: mempresentasikan hasil diskusi dengan tepat sesuai konsep</p> <p>2: mempresentasikan hasil diskusi dengan kurang sesuai konsep</p> <p>1: mempresentasikan hasil diskusi tidak sesuai konsep</p>
2	Kelancaran dalam presentasi	<p>3: lancar dalam mempresentasikan hasil diskusi</p> <p>2: kurang lancar dalam mempresentasikan hasil diskusi</p> <p>1 :tidak lancar dalam mempresentasikan hasil diskusi</p>
3	Menjawab pertanyaan yang diajukan	<p>3: mampu menjawab pertanyaan dari kelompok lain dengan baik</p> <p>2: kurang mampu menjawab pertanyaan dari kelompok lain</p> <p>1: tidak bisa menjawab pertanyaan dari kelompok lain dengan baik</p>

### Soal Latihan

1. Apa yang dimaksud dengan perkecambahan, pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan? (Skor Maksimal 2)
2. Sebutkan faktor – faktor apa saja yang mempengaruhi pertumbuhan? (Skor maksimal 3)
3. Bagaimana menurut anda kecambah yang hidup pada tempat terang bersuhu tinggi dengan tempat gelap bersuhu rendah, apakah ada perbedaanya? Jelaskan!  
( Skor maksimal 5)

Nilai:  $\frac{\text{jumlah skor yang didapat} \times 100}{\text{Skor maksimal}}$

Skor maksimal



## LEMBAR KERJA SISWA

### Pengaruh Faktor Luar Terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan

#### A. Tujuan

1. Mengukur pertumbuhan *Ipomea reptans* Poir
2. Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.

#### B. Alat dan Bahan

1. Bibit tanaman kangkung umur 7 hari
2. Rockwool
3. Air
4. Instalasi hidroponik
5. Adaptor
6. Alat tulis

#### C. Prosedur Kerja

Prosedur kerja pada percobaan ini yaitu :

1. Buatlah kelompok menjadi 4 kelompok
2. Siapkan alat dan bahan
3. Tanam bibit kangkung pada instalasi hidroponik yang sudah diberi label sebagai berikut :
  - $E_1$  : Perlakuan elektrolisis 6 volt
  - $E_2$  : Perlakuan elektrolisis 4,5 volt

- E<sub>3</sub>: Perlakuan elektrolisis 3 volt
  - K: Tanpa perlakuan elektrolisis
4. Memasang perangkat eektrolisis dengan benar
  5. Larutkan pupuk NPK Mutiara lalu jalankan proses elektrolisis pada larutan nutrisi
  6. Alirkan nutrisi hidroponik pada bak penampung nutrisi sesuai label
  7. Amati tinggi batang dan jumlah daun tanaman kangkung selama 7 hari
  8. Catat hasil pengamatan pada tabel.
  9. Buatlah laporan tertulis berdasarkan data hasil pengamatan, tulis sesuai format

#### D. Hasil Pengamatan

Tabel Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Kangkung

Pengamatan Ke	Tinggi Tanaman				Jumlah Daun			
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	K	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	K
1								
2								
3								
4								
5								
Dst								
Rata-rata								

#### **E. Pertanyaan**

1. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, pada perlakuan mana yang menunjukkan hasil tanaman hidroponik kangkung terbaik?
2. Faktor apa saja yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman tersebut?
3. Jelaskan bagaimana faktor tersebut dapat mempengaruhi pertumbuhan hidroponik kangkung ?
4. Buatlah laporan tertulis berdasarkan hasil percobaan

#### **F. Format Laporan Tertulis**

- 
- A. Judul Praktikum
  - B. Rumusan Masalah
  - C. Tujuan
  - D. Hipotesis
  - E. Alat dan Bahan
  - F. Cara Kerja
  - G. Hasil Pengamatan
  - H. Pembahasan
  - I. Kesimpulan
  - J. Daftar Pustaka

# LAMPIRAN





### Lampiran 1. Tabulasi Data Pertumbuhan Kangkung

Pengamatan Hari Ke-	Perlakuan	Tinggi Tanaman Kangkung Darat (Cm)										Rata- rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	3 volt	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	4,5 volt	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	6 volt	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Kontrol	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2	3 volt	6	6	5	6	5,5	5	6	6	7	6	5,85
	4,5 volt	6	6	6	7	7	7	6	5	6	6	6,2
	6 volt	6	6	7	6	6	6	7	7	8	7	6,6
	Kontrol	5	5	6	5	6	5	6	5	6	5	5,4
4	3 volt	9,9	7	5	8	7,5	5,5	8,5	8	12	6,9	7,83
	4,5 volt	10,2	7,3	9	10,5	10	10	9,5	7,5	10,5	9	9,35
	6 volt	10	10,5	10,8	9	9,6	8,4	10	10	13	10	10,13
	Kontrol	6	6	8,5	5,5	7	5	6,5	6,5	8	5,5	6,45
6	3 volt	13	11,5	9,5	10,4	10,6	9,3	13	11,4	14	10,2	11,29
	4,5 volt	14	12,1	10	13,1	14	13,5	12,3	11	13	11,6	12,46
	6 volt	15	12,5	12,3	10	12,5	13	14	13	17	14,9	13,42
	Kontrol	10,5	7,1	13	9,5	11,3	7,9	7,6	8	9,7	7,1	9,17
8	3 volt	15,5	15	11,5	13	14	13,5	15,5	14,3	17,4	12,6	14,23
	4,5 volt	17	16	16	13	16,8	16,8	15,2	14,6	16,6	14,2	15,62
	6 volt	16,5	16,4	17,5	16,8	15	16,9	17,5	17,6	22	18,3	17,45
	Kontrol	13	12	11,4	10	12,6	10,1	10,1	10,2	15,6	8,7	11,37
10	3 volt	21,2	18,5	15,2	17,8	16,6	18	20,8	18,5	21,5	17,5	18,56
	4,5 volt	18,6	20	21,3	17,1	19,8	21,1	18,2	20,6	19,6	18,5	19,48
	6 volt	22	20	25	20	20,6	20,8	21	22,5	23,6	21,6	21,71
	Kontrol	11	14,1	16,5	10,3	12,6	12	12,5	12	15	10	12,6
12	3 volt	23	22,5	19,8	21,5	19,3	23,1	26	20	25	19,6	21,98
	4,5 volt	25,1	25	22,4	19,2	24,5	25,5	24	23	23,2	20,7	23,26
	6 volt	25,5	23	26,3	24,2	22,5	22,8	25,2	26	29	24,5	24,9
	Kontrol	14	16	18,8	14	15	14,7	14	12,7	18,5	12,5	15,02
14	3 volt	28	24	23	24	22,5	24	27,6	24,1	26,6	21,3	24,51
	4,5 volt	28,5	27,4	27,3	23	27,2	28,3	27,5	28,1	25,5	23	26,58
	6 volt	27,1	26	31	27,3	25,6	26,9	25,5	28,1	31,1	29	27,76
	Kontrol	16,4	17,1	20,5	16,8	17,1	17,1	14,8	16	20	14,1	16,99
16	3 volt	33	25,5	26	27,5	23,5	27,5	28,5	26	30	24,5	27,2
	4,5 volt	33,5	34	30	27,5	32	32	32	32	22	26,1	30,11
	6 volt	30	30	35	30	28,5	29,5	31	30,5	35	33	31,25
	Kontrol	18,5	20	22	19,2	17,5	17,5	18	15,5	20,2	16	18,44
18	3 volt	33	32	32	32	32,1	34	36	32	34	28,5	32,56
	4,5 volt	40	39	35	32	35	35,9	33,5	34,5	32	32	34,89
	6 volt	35,3	34	36	34	33	34	35,5	37,2	39,2	37	35,52
	Kontrol	22,5	25	25	22,6	23,4	24,3	23	21	29	20	23,58
20	3 volt	39,5	38,5	37,5	34	34,5	41,5	40	35	42	32	37,45
	4,5 volt	36,5	44	38,5	35,5	40	38,2	37,7	39,5	36	33	37,89
	6 volt	38,5	37,5	33	37,5	36,5	40	40	41	35	42	38,1
	Kontrol	30	27,5	29	27,1	27,8	30,2	24	26	34,5	24	28,01

**Tabulasi Data Jumlah Daun Kangkung**

Pengamatan Hari Ke-	Perlakuan	Jumlah Daun (helai)										Rata- rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	3 volt	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	4,5 volt	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	6 volt	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Kontrol	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	3 volt	4	2	4	3	3	2	3	3	3	3	3
	4,5 volt	4	3	3	3	4	3	4	3	4	3	3,4
	6 volt	4	4	3	4	3	4	4	4	5	3	3,8
	Kontrol	3	2	3	3	4	3	2	2	2	3	2,7
4	3 volt	5	4	5	4	4	4	4	4	4	5	4,3
	4,5 volt	5	4	4	4	5	4	5	4	5	4	4,4
	6 volt	4	6	5	5	4	5	4	5	6	4	4,8
	Kontrol	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3,9
6	3 volt	6	5	6	5	6	4	5	5	6	4	5,2
	4,5 volt	6	5	6	6	7	6	6	5	6	5	5,8
	6 volt	6	8	6	6	5	6	5	6	7	6	6,1
	Kontrol	4	4	4	2	4	5	4	4	4	4	3,9
8	3 volt	7	6	7	7	6	6	6	6	6	6	6,3
	4,5 volt	7	7	7	7	8	7	7	7	8	7	7,2
	6 volt	7	9	7	7	7	7	7	8	8	8	7,5
	Kontrol	6	6	6	4	4	7	5	5	6	5	5,4
10	3 volt	9	7	9	8	8	7	7	7	8	7	7,7
	4,5 volt	9	8	8	9	8	8	9	8	9	7	8,3
	6 volt	8	11	9	9	8	9	8	9	9	8	8,8
	Kontrol	6	8	6	6	6	9	6	5	7	6	6,5
12	3 volt	10	8	9	9	8	8	8	8	9	7	8,4
	4,5 volt	9	9	9	9	8	9	8	9	10	9	8,9
	6 volt	9	10	9	10	9	10	9	10	10	8	9,4
	Kontrol	7	8	7	7	8	8	6	5	7	7	7
14	3 volt	11	9	10	9	10	8	9	9	10	8	9,3
	4,5 volt	11	10	9	11	10	10	10	10	11	8	10
	6 volt	10	13	10	11	10	10	10	10	11	9	10,4
	Kontrol	8	8	6	8	9	10	7	7	9	8	8
16	3 volt	12	10	13	12	11	10	9	10	11	10	10,8
	4,5 volt	11	11	11	10	15	12	13	11	12	9	11,5
	6 volt	11	13	11	11	12	12	11	11	12	10	11,4
	Kontrol	8	10	9	9	11	12	8	8	10	9	9,4
18	3 volt	14	12	13	11	12	11	11	12	13	9	11,8
	4,5 volt	11	12	13	14	13	14	12	12	14	12	12,7
	6 volt	13	13	12	13	11	13	13	12	13	12	12,5
	Kontrol	12	9	11	10	11	12	8	10	12	11	10,6
20	3 volt	30	33	25	32	34	17	23	16	17	10	23,7
	4,5 volt	31	22	23	27	28	25	22	27	25	15	24,5
	6 volt	34	30	22	31	24	21	29	31	24	18	26,4
	Kontrol	12	10	11	11	12	13	9	11	13	11	11,3

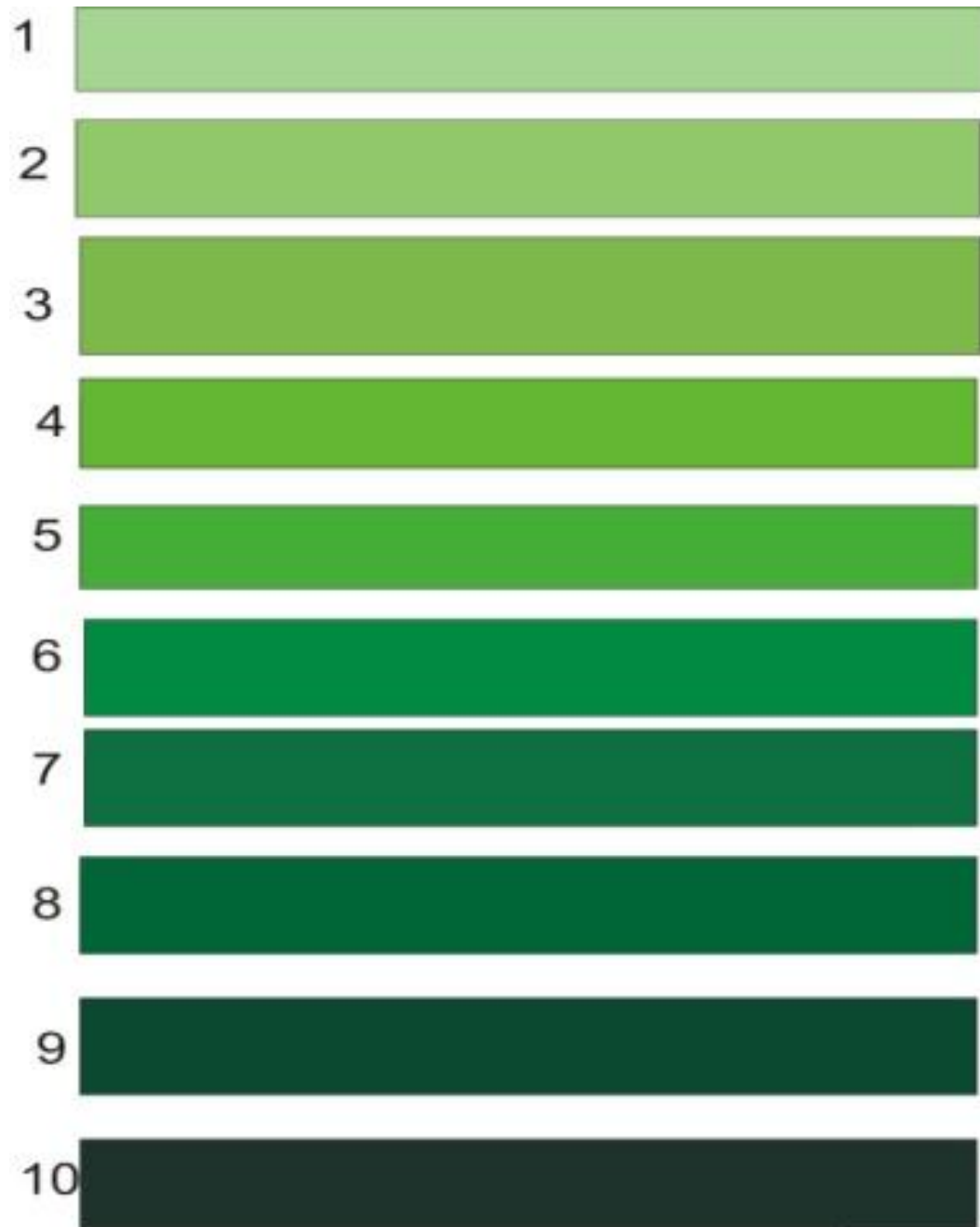
**Tabulasi Data Lingkar Batang Kangkung**

Pengamatan Hari Ke-	Perlakuan	Lingkar Batang Cm)										Rata- rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	3 volt	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	4,5 volt	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	6 volt	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Kontrol	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
2	3 volt	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,47
	4,5 volt	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,4	0,52
	6 volt	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,53
	Kontrol	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,45
4	3 volt	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,85
	4,5 volt	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,4	0,93
	6 volt	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,9
	Kontrol	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,84
6	3 volt	1	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,7	0,9	0,9	0,94
	4,5 volt	1	0,9	0,9	0,9	1	1	0,9	1	0,9	0,8	0,98
	6 volt	0,8	1	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	1	0,9	1,03
	Kontrol	0,8	0,8	0,8	0,8	1	0,8	0,8	0,9	0,8	0,9	0,75
8	3 volt	1,1	1	1	0,9	0,9	0,9	1	0,8	0,9	0,9	1,34
	4,5 volt	1	0,9	1	1	1	1	1	1	1	0,9	1,38
	6 volt	1	1	1,1	1	1,1	1,2	0,9	1	1,1	0,9	1,44
	Kontrol	0,9	0,7	0,8	0,8	0,9	0,8	0,5	0,7	0,7	0,7	1,05
10	3 volt	1,4	1,4	1,3	1,4	1,3	1,3	1,5	1,3	1,3	1,2	1,52
	4,5 volt	1,3	1,3	1,4	1,3	1,5	1,3	1,4	1,5	1,4	1,4	1,52
	6 volt	1,5	1,3	1,6	1,4	1,4	1,6	1,3	1,5	1,5	1,3	1,69
	Kontrol	1	1	1,1	1	1,1	1,2	0,9	1	1,2	1	1,05
12	3 volt	1,7	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,5	1,5	1,4	1,85
	4,5 volt	1,6	1,5	1,4	1,5	1,5	1,6	1,5	1,7	1,5	1,4	1,89
	6 volt	1,7	1,7	2	1,7	1,7	1,8	1,5	1,6	1,7	1,5	2,02
	Kontrol	1	1	1,1	1	1,1	1,2	1	0,9	1,2	1	1,09
14	3 volt	2,1	1,9	1,8	1,9	1,7	1,9	2	1,8	1,8	1,6	2,23
	4,5 volt	2	1,9	1,8	1,8	1,8	2	1,9	2	1,9	1,8	2,36
	6 volt	2	2,1	2,1	2	2	2,1	1,9	2	2	2	2,42
	Kontrol	1	1	1,1	1	1,1	1,2	1,2	1	1,3	1	1,23
16	3 volt	2,5	2,2	2,2	2,2	2,1	2,2	2,4	2,3	2	2,2	2,6
	4,5 volt	2,4	2,5	2,3	2,3	2,3	2,5	2,4	2,5	2,2	2,2	2,64
	6 volt	2,4	2,5	2,5	2,4	2,4	2,5	2,3	2,4	2,4	2,4	2,79
	Kontrol	1,1	1,3	1,2	1	1,1	1,5	1,2	1,1	1,6	1,2	1,61
18	3 volt	2,8	2,3	2,7	2,7	2,2	2,8	2,9	2,6	2,7	2,3	2,87
	4,5 volt	2,8	3	2,3	2,5	2,8	2,7	2,5	2,8	2,5	2,5	2,89
	6 volt	2,7	3,3	2,7	2,7	2,7	2,9	2,8	2,7	2,8	2,6	2,91
	Kontrol	1,4	1,9	1,4	1,6	1,6	1,7	1,6	1,3	2,3	1,3	1,77
20	3 volt	3	3	3	2,8	2,6	3,1	3	2,8	2,8	2,6	2,87
	4,5 volt	2,5	3	2,7	2,9	3	2,8	3	2,8	3,2	3	2,89
	6 volt	3	3	2,8	2,8	2,9	2,8	3	2,8	3	3	2,91
	Kontrol	1,9	2	2,1	1,6	1,6	1,8	1,6	1,7	2,2	1,2	1,77

**Tabulasi Data Warna Daun Kangkung**

Pengamatan Hari Ke-	Perlakuan	Warna Daun (*)										Rata- rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	3 volt	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	4,5 volt	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	6 volt	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Kontrol	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	3 volt	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	4,5 volt	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	6 volt	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Kontrol	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	3 volt	6	4	4	4	5	6	6	5	6	5	5,1
	4,5 volt	6	6	6	6	5	6	6	5	5	6	5,7
	6 volt	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5,9
	Kontrol	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4	3,3
6	3 volt	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	4,5 volt	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	6 volt	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Kontrol	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2,2
8	3 volt	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	4,5 volt	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	6 volt	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	Kontrol	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2,2
10	3 volt	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	4,5 volt	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	6 volt	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	Kontrol	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3,2
12	3 volt	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	4,5 volt	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	6 volt	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	Kontrol	5	3	4	4	5	5	5	4	5	4	4,4
14	3 volt	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	4,5 volt	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	6 volt	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	Kontrol	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
16	3 volt	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	4,5 volt	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	6 volt	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	Kontrol	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
18	3 volt	7	8	7	8	8	8	8	8	8	8	7,8
	4,5 volt	8	8	8	7	8	8	8	8	8	8	7,9
	6 volt	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	Kontrol	7	7	7	7	7	7	7	6	7	7	6,9
20	3 volt	7	8	7	8	8	8	8	8	8	8	7,8
	4,5 volt	8	8	8	7	8	8	8	8	8	8	7,9
	6 volt	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	Kontrol	7	7	7	7	7	7	7	6	7	7	6,9

(\*)



### Tabulasi Data Berat Basah Tanaman

Tanaman	Perlakuan (gram)			
	E <sub>3</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	K
1	31	43,96	44,33	11,42
2	30,93	32,64	35,7	10,8
3	39,05	42,52	35,44	14,38
4	35,09	35,4	36,21	12,2
5	34,03	34,68	36,11	13,01
6	32,35	34,23	36,33	14,02
7	30,04	35,53	37,89	12,14
8	35,11	35,42	38,02	11,45
9	35,23	36,51	38,15	10,25
10	33,85	35	36,99	12,51
Rata-rata	33,668	36,589	37,517	12,218

### Tabulasi Data Berat Kering Tanaman

Tanaman	Perlakuan (gram)			
	E <sub>3</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	K
1	1,5	2,21	2,5	0,61
2	1,4	1,49	1,87	0,39
3	1,56	1,95	1,58	0,28
4	1,37	1,79	2,15	0,62
5	1,56	2,14	2,31	0,37
6	1,42	2,46	1,89	0,38
7	1,14	1,43	1,42	0,28
8	1,12	1,57	1,57	0,37
9	1,3	1,55	1,67	0,54
10	1,4	1,46	1,85	0,29
Rata-rata	1,377	1,805	1,881	0,413

### Tabulasi Data Berat Kering Tanaman

Tanaman	Perlakuan (gram)			
	E <sub>3</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	K
1	37,2	37,3	39,4	34,2
2	35,1	36,4	40,9	34,8
3	40,4	40,4	40,1	36,4
4	36,2	40,5	39,5	35,5
5	37,5	40,9	41,5	34,5
6	40,3	38,2	40,2	35,6
7	35,8	35,6	38,7	35,6
8	37,3	36,8	43,8	34,5
9	36,4	37,5	42,6	33,6
10	37,8	36,7	39,7	35,4
Rata-rata	37,4	38,03	40,64	35,01





Lampiran 2. Data Rata-rata pertumbuhan dan produksi kangkung 20 HST

Ulangan	Perlakuan	TT	LB	BD	WD	BB	BK
1	1	38.1	2.91	26.4	8	37.52	1.88
2	1	38.2	2.90	26.42	7.9	37.5	1.82
3	1	38	2.92	26.38	8.1	37.54	1.94
1	2	37.89	2.89	24.5	7.9	36.59	1.81
2	2	37.9	2.87	24.1	7.9	36.58	1.8
3	2	37.88	2.91	24.9	7.9	36.6	1.82
1	3	37.45	2.87	23.7	7.8	33.67	1.38
2	3	37.44	1.89	23.6	7.7	33.57	1.34
3	3	37.46	1.85	23.8	7.9	33.77	1.42
1	4	28.01	1.77	11.3	6.9	12.22	0.41
2	4	28.03	1.76	11.3	6.9	12.18	0.46
3	4	27.99	1.78	11.3	6.9	12.16	0.37

Keterangan:

- TT: Tinggi Tanaman (cm)
- LB: Lingkar Batang (cm)
- BD: Banyak Daun (helai)
- WD: Warna Daun
- BB: Berat Basah (g)
- BK: Berat Kering (g)



### Lampiran 3. Perhitungan Uji Anova

Tinggi Tanaman

ANOVA

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
					0,05	0,01
ulangan (kelompok)	2	0,005	0,0025	0,333333	5,143253	10,92477
perlakuan	3	212,31	70,77	14154	4,757063	9,779538
galat	6	0,015	0,0025			
total	11	212,33				

Duncan

perlakuan	N	Subset			
		1	2	3	4
Tanpa elektrolisis	3	28.0100			
3 volt	3		37.4500		
4,5 volt	3			37.8900	
6 volt	3				38.1000
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,002.



## Lingkar Batang

### ANOVA

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
					0,05	0,01
ulangan (kelompok)	2	0,005	0,083433333	0,332536	5,143253	10,92477
Perlakuan	3	212,31	0,928266667	5,549621	4,757063	9,779538
Galat	6	0,015	0,083633333			
Total	11	212,33				

### Duncan

perlakuan	N	Subset	
		1	2
Tanpa elektrolisis	3	1.7700	
3 volt	3	2.2033	
4,5 volt	3		2.8900
6 volt	3		2.9100
Sig.		.116	.935

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
Based on observed means.  
The error term is Mean Square(Error) = ,084.



## Banyak Daun

### ANOVA

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
					0,05	0,01
ulangan (kelompok)	2	0,005	0,104933333	0,439419	5,143253	10,92477
Perlakuan	3	212,31	142,9166667	897,7178	4,757063	9,779538
Galat	6	0,015	0,0796			
Total	11	212,33				

### Duncan

perlakuan	N	Subset			
		1	2	3	4
Tanpa elektrolisis	3	11.3000			
3 volt	3		23.7000		
4,5 volt	3			24.5000	
6 volt	3				26.4000
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,038.



## Warna Daun

### ANOVA

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
					0,05	0,01
ulangan (kelompok)	2	0,005	0,01	1	5,143253	10,92477
Perlakuan	3	212,31	0,77	115,5	4,757063	9,779538
Galat	6	0,015	0,003333333			
Total	11	212,33				

### Duncan

perlakuan	N	Subset		
		1	2	3
Tanpa elektrolisis	3	6.9000		
3 volt	3		7.8000	
4,5 volt	3		7.9000	7.9000
6 volt	3			8.0000
Sig.		1.000	.078	.078

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
Based on observed means.  
The error term is Mean Square(Error) = ,003.



## Berat Basah

### ANOVA

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
					0,05	0,01
ulangan (kelompok)	2	0,005	0,0025	0,333333	5,143253	10,92477
Perlakuan	3	212,31	442,711675	88542,33	4,757063	9,779538
Galat	6	0,015	0,0025			
Total	11	212,33				

### Duncan

perlakuan	N	Subset			
		1	2	3	4
Tanpa elektrolisis	3	12.1867			
3 volt	3		33.6700		
4,5 volt	3			36.5900	
6 volt	3				37.5200
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,003.



## Berat Kering

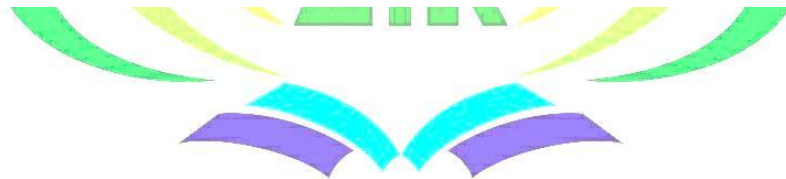
### ANOVA

SK	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
					0,05	0,01
ulangan (kelompok)	2	0,005	0,001225	0,215859	5,143253	10,92477
Perlakuan	3	212,31	1,3754	363,5419	4,757063	9,779538
Galat	6	0,015	0,001891667			
Total	11	212,33				

### Duncan



perlakuan	N	Subset		
		1	2	3
Tanpa elektrolisis	3	.4133		
3 volt	3		1.3800	
4,5 volt	3			1.8100
6 volt	3			1.8800
Sig.		1.000	1.000	.110


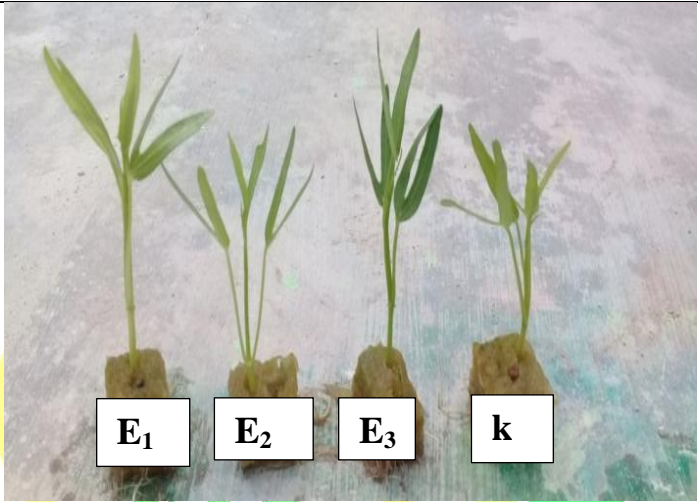
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
Based on observed means.  
The error term is Mean Square(Error) = ,002.

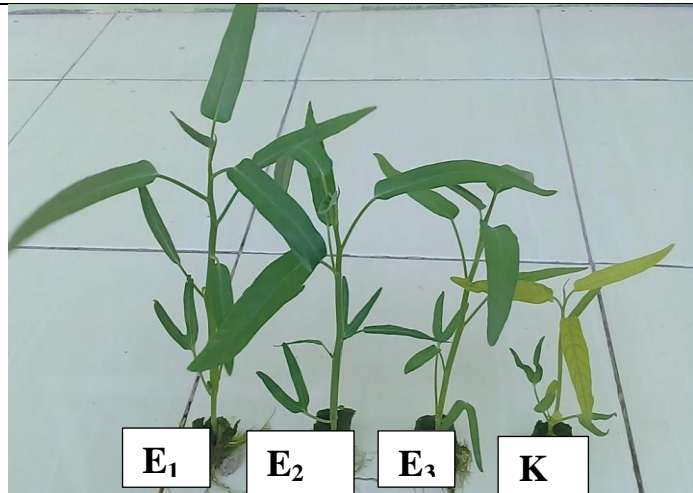




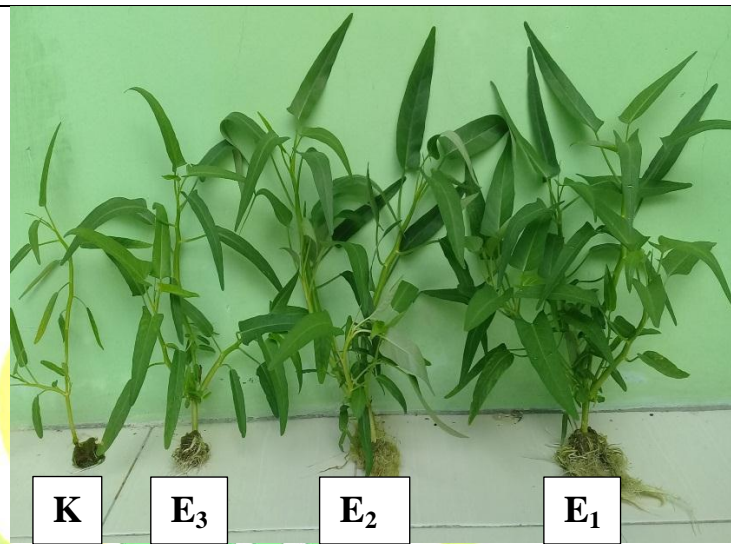
#### Lampiran 4. Daokumentasi Hasil Penelitian

	
A. Masa Persemaian	(1 Hari Setelah Tanam)
	
	(umur 4 hari penyemaian)

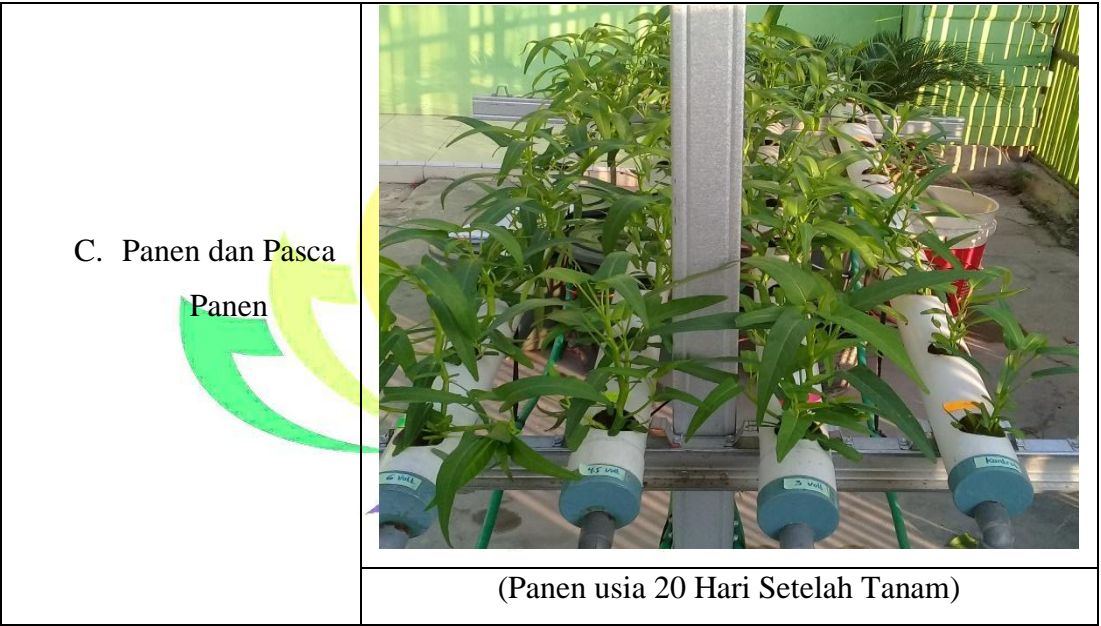
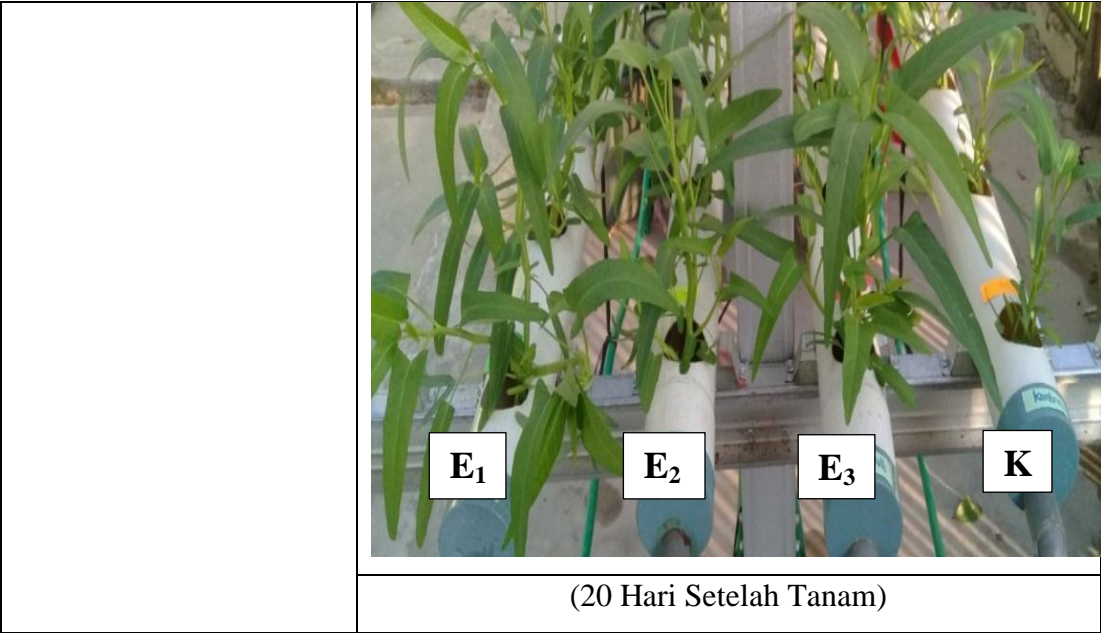
	
	<p>(umur 8 hari penyemaian)</p>
<p>B. Masa Tanam</p>	
	<p>( 2 Hari setelah tanam)</p>



(8 Hari Setelah Tanam)



(16 Hari Setelah Tanam)









(Penimbangan Berat Basah)



(Pengovenan suhu 105°C)



(Penimbangan Berat Kering)



Rangkaian Elektrolisis

